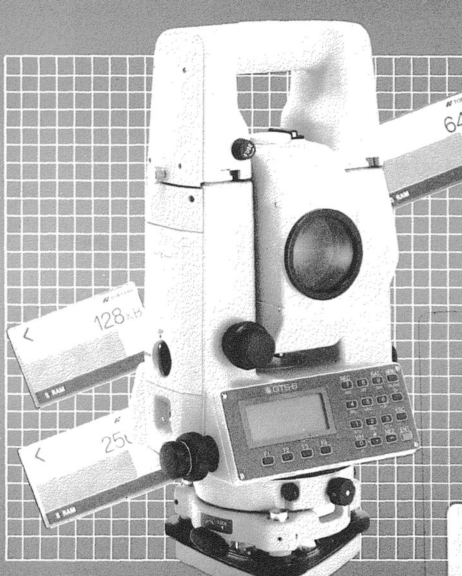
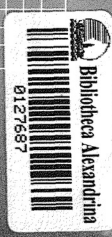
المساحة المستوية والطبوغرافية

PLANE AND TOPOGRAPHIC SURVEYING



د. محمد نبيل على شكرى

الناشر منشأة المعارف بالاسكندرية
جلال حزى وشركاه





الناشر منشأة المعارف بالاسكندرية
جلال حزى وشركاه
٤٤ ش ســـعد زغلول الاســكندرية تليفون / فاكس: ٤٨٣٣٣٠٣
٣٢ ش مصطفى مشـرفة - سوتير أسكندرية تليفون: ٤٨٤٣٦٦٢

المساحة المستوية والطبوغرافية

PLANE AND TOPOGRAPHIC SURVEYING

دكتور

محمد نبيل على شكرى

١٩٩٨







«الرحمن * علّم القرآن * خلق الإنسان * علمه البيان»

(صدق الله العظيم)







مقدمـــة

الحمـد لله رب السمـوات والأرض وشكره على نعمـائه علينا والصلاة والسلام على رسوله الأمين.

نحمد الله سبحانه وتعالى الذى هدانا ومدنا بقوته لتقديم هذا الكتاب محاولاً إعطاء صورة جليّة عن فن المساحة كى يستفيد منه الطالب والمهندس على السواء بأقصى ما يمكن وبأقل جهـد. فكتـاب المسـاحة المستوية والطبوغرافيـة مقدم للسـادة المتهـدسـين المـدنيين وإلى أبنائنا طلاب الأقسـام المـدنيـة والمعـمـارية بكليـات الهندسـة وطلاب كليـات الفنون الجـميلة أقسام العمـارة وطلاب الهندسة الزراعية واستصلاح الأراضى .

وقـد روعى فـيـه إمكان الاسـتـيـعـاب بأقل مـجـهـود فنأيت عن التـعـقـيد مع الاستعـانة بالأمثلة العديدة المحلولة والمسائل المتنوعة فى جميع المجالات والأبواب فضلاً عن ترتيب الموضوعات ترتيباً منطقياً متسلسلاً فى سهولة ويسر.

وإنى إذ أتقدم بخالص الشكر إلى الأستاذ جلال حزى صاحب ومدير منشأة المعارف التى ساهمت بأوفر جهد ومعاونة صادقة فى سبيل إصدار هذا الكتاب بصورته الحالية.

وأرجو من الله أن يوفقنا لعمل ما فيه تقدم لبلادنا الحبيبة وللوطن العربى بالعلم والإيمان.

"ربنا لا تؤاخذنا إن نسينا أو أخطأنا انك أنت السميع العليم"

أ.د. محمد نبيل على شكرى

والبلدان التى لم تمسح بعد يعمل لها مساحة جيوديسية وتعين أجزاؤها وحدودها أولاً ثم يعمل لها بعد ذلك مساحة طبوغرافية (إنشاء الخرائط الطبوغرافية) ومن ثم يعمل لها مساحة تفريدية أو تفصيلية ومن ثم ينشأ لها خرائط بمقاييس رسم مختلفة لتفى أغراضاً متنوعة.

بجانب هذا التقسيم فإنه يوجد علم المساحة الفوتوغرافية أو المساحة التصويرية وغرضها الأساسى أيضاً إتمام وإنشاء الخرائط المختلفة الأغراض والأنواع والمساحة التصويرية يمكن تقسيمها إلى عدة أقسام من حيث القياس وعموماً فهى طريقة سريعة وحديثة للحصول على صور حقيقية لسطح الأرض وتستخدم عمليات حصر وتقييم الأراضى وكذلك حصر أنواع المحاصيل المختلفة لمعرفة مساحة كل نوع منها.

المساحة المستوية تنقسم إلى قسمين:

أ- المساحة الطبوغرافية (Topographical Surveying)

والغرض منها إنشاء ورسم الخرائط للمناطق المتسعة نسبياً مع بيان ما تحويه من معالم صناعية وطبيعية وبيان ارتفاعات وانخفاضات سطح الأرض على هيئة خطوط كنتور كما سيأتى بعد فى هذا المجال.

ب - المساحة المستوية التفريدية (المساحة التفصيلية)، (Cadastral Surveying)

والغرض منها رسم وإنشاء خرائط تفصيلية أو تفريدية لأجزاء من الخرائط الطبوغرافية وذلك بنسبة أكبر وبمعنى أصح بمقياس رسم أكبر وذلك لإظهار التفاصيل والحدود للملكيات الزراعية والأملاك والمبانى وغيرها. وسوف نتناول كل هذا تفصيلياً فى باب الخرائط الواردة بهذا الكتاب وتعتبر الخرائط الطبوغرافية أساساً لعمل أى خرائط تفصيلية.

ويتناول هذا الكتاب أهم الطرق وأبسطها والمبادئ والأسس التى تبحث فى إنشاء الخرائط التفصيلية والطبوغرافية - كما يتناول أهم عمليات الرفع وهو بيان

الباب الأول
مقدمـــة

الغـرض من علم المسـاحـة إنشـاء ورسم الخرائط التى بهـا يمكن تحـديد مـواقع الأعمال الهندسـية وتخطيطها وإنشائها وأهمها القناطر والسدود والترع والمصارف. وكذلك فهى العامل الأول والأساسى فى عمليات استصلاح وتقسيم وحصر وتسوية الأراضى.

والمسـاحة فن يبحث فى معرفة الطرق المستخدمة لتمـثيل جزء من سطح الأرض بما فيـه من معالم طبيـعيـة أو صناعيـة فى خريطة (مسـقط أفقى) بنسبـة معنية (مقيـاس الرسم) لغرض مـعين وعمـوماً فـهى العلم الذى يختـص بتحديد وإيجاد شكل وحدود أجزاء صغـيرة أو كبيرة على سطح الأرض ثم تمثيل ورسم هذه الأجزاء المحددة فى مساقط أفقية أو خرائط تتنوع حسب الحاجة إليها.

وينقسم علم المساحة إلى:

١- المساحة الجيوديسية العالية: (High Geodetic Surveying)

وتختص بقياس وتحديد مناطق شاسعة من الأرض وتدخل كروية الأرض وشكلها الحقيـقى واختـلاف توزيع الكتلة داخل الأرض وعلى سطحها فى الاعتـبار ويطلق على هذا النوع الجيوديسيا العالية والطبيعة الأرضية.

٢- المساحة الجيوديسية: (Geodetic Surveying)

وتختص بقياس مسـاحات أقل من النوع الأول ويدخل فيـها كروية الأرض فقط فى الاعتبار.

٣- المساحة المستوية: (Plane Surveying)

وهى التى تختص بقياس المساحات الصغيرة وتهمل فيها كروية الأرض أى على أساس أن سطح الأرض مسـتـوٍ فى المناطق المراد رفعـهـا وعلى هذا الأساس يمكن العمل فى المساحة المستوية فى منطقة تصل إلى ٢٥٠ كيلومتر مربع بدون أخطاء تذكر نتيجة إهمال كروية الأرض.

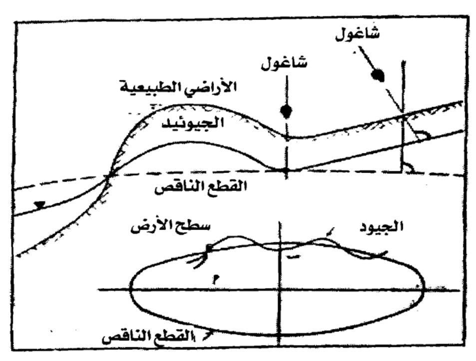
ويلاحظ أن قيمة نصف قطرى الأرض لهايفورد (Hayford 1924) هى المستعملة دوليا وبالطبع فإن هذه القياسيات لا يدخل فيها ارتفاع الجبال أو انخفاض الوديان إنما حددت على أساس سطح البحر. وإذا كان المطلوب هو تحديد مواقع عدة نقط على سطح الأرض فإن لنا أن نتصور النقاط التالية:

١- المسافة بين أى نقطتين تساوى المسافة بين مسقطيهما على الجيوئيد .

٢- ارتفاع أى نقطة هو المسافة المقاسة بين هذه النقطة ومسقطها على الجيوئيد أى منسوب هذه النقطة وهو المسافة المقاسة فى اتجاه العمود شكل (١).

٣- مساحة الأرض هى المساحة المسقطة على الجيوئيد.

فى هذا الكتاب ستقتصر دراساتنا على أساس اختيار المستوى الأفقى كسطح مقارنة لتحديد مساحات الوضع . كما ستقتصر فى تحديد الارتفاعات على طريقة الميزانية. فى هذه الطريقة يتم القياس بطريقة لا شعورية بالنسبة لسطح الأرض الفعلى أى الجيوئيد.



شكل (١) الجيوئيد - القطع الناقص - الأرض الطبيعية

المعالم الموجودة في الطبيعة على الخرائط - وكذلك عمليات التوقيع وهى تنفيذ وتخطيط المشاريع الهندسية والزراعية من واقع الخرائط الموجودة اللازمة لها. وهذا ما يهم بصفة خاصة المهندس الإنشائي في العمليات السريعة والعادية وتخطيط المدن وكذلك تهم المهندس الزراعي في أعمال استصلاح وحصر وتحديد الأراضي.

سطح المقارنة :(Datum)

تنقسم الأعمال المساحية عامة إلى قياسات في مستوى أفقي وذلك لتحديد مواضع معينة لإيجاد مساقط أفقية لها (عمليات الرفع والتوقيع) - وقياسات في مستوى رأسي وهو تحديد ارتفاعات وانخفاضات هذه المواضع عن مستوى معين (عمليات الميزانيات).

ولتحديد هذه الارتفاعات تحتاج إلى سطح مقارنة ثابت لكي تنسب إليه هذه القياسات والمعروف لدينا أن الأجهزة المساحية مزودة بموازين تسوية (روح التسوية) يمكن بواسطتها إقامة محاور هذه الأجهزة في اتجاه الجاذبية الأرضية في جميع نقطه ولهذا فقد اتخذ هذا السطح أساساً للمقارنة ويسمى هذا السطح بالجيوئيد (Ge-oid) - وسطح البحر يتوقف على الجاذبية الأرضية ، وحيث أنها غير ثابتة وتتغير من مكان لآخر فإن سطح الجيوئيد سطح غير منتظم وطبيعي أي أنه لا يمكن تمثيله رياضياً عن طريق معادلات رياضية معروفة - وعلى العموم فإن هذا السطح يكافئ في مجموعه سطح قطع ناقص دوراني يختلف نصف قطره الأكبر عن الأصغر بحوالي ٢٠ كيلومتراً تقريباً . وقد اختلفت قيمة كل من نصف قطري القطع الناقص الدوراني حسب ما استنتجه بعض علماء الجيوديسيا والطبيعة الأرضية على مر القرنين التاسع عشر والعشرين.

وسطح البحر هنا يعرف بأنه السطح المتساوي الجاذبية وذلك يعني حسب قانون الجاذبية الأرضية بأن جميع الأجسام تنجذب نحو المركز . ولذا افترضنا أن هناك سطحاً متساوي الجاذبية فعند الشمال مثلاً تزيد قيمة الجاذبية وتقل كلما اتجهنا نحو الاستواء. والفرق بين الجيوئيد والقطع قد يصل في بعض الأحوال إلى ٥٠ متراً وكذلك قد يختلف الانحراف المغناطيسي من مكان لآخر.

وفى جمهورية مصر العربية يعتبر متوسط منسوب سطح الماء فى البحر الأبيض عند مدخل ميناء الإسكندرية.

وحدات القياس الطولية والمساحية:

تستعمل الوحدات المختلفة فى القياسيات المختلفة وما يهمنا هو الوحدات المستعملة فى قياس الأطوال والمساحات وكذلك وحدات الحجوم.

وقد استعمل الإنسان القديم وحدات طبيعية فى القياسات مثل القدم والذراع ثم تطورت هذه الوحدات وتقدمت وقد اتفق الفرنسيون على اختيار المتر كوحدة أساسية وذلك فى سنة ١٧٩٩.

وأهم الوحدات المستعملة فى الأعمال المساحية هى :

الوحدات الطولية:

١ متر	= ١٠ ديسمتر	= ١٠٠ سنتيمتر	١٠٠٠ ملليمتر
١ كليو متر	= ١٠ هكتومتر	= ١٠٠٠ متر	
١ ذراع بلدي	= ٠,٥٨ متر	= ٥٨ سنتيمتر	
١ ذراع معماري	= ٠,٧٥ متر	= ٧٥ سنتيمتر	= $\frac{٣}{٤}$ متر
١ قصبة	= ٣,٥٥ متر	= ٣٥٥ سنتيمتر	
١ بوصة	= ٢,٥٤ سنتيمتر	= ٢٥,٤ سنتيمتر	
١ قدم	= ١٢ بوصة	= ٣٠,٤٨ ملليمتر	
١ ميل	= ١٧٦٠ ياردة		
١ ياردة	= ٣ قدم		

وحدات المساحات :

نستنتج غالباً وحدة القياس للسطوح من قياس الأطوال والوحدات المستعملة فى الأراضى الزراعية التى نحن بصددها هى عادة:

١) الهكتار.

٢) الفدان - القيراط - السهم.

٣) المتر المربع.

الفدان = ٨٣ر٤٢٠٠ متر مربع = ٤٢٠٠ متراً مربعاً تقريباً

القيراط = ٤ر١٧٥ متر مربع = ٢٤ قيراط

السهم = ٣ر٧ متر مربع = ١٧٥ متر مربع تقريباً = ٢٤ سهم

الفدان = ١٠٠٠ ÷ ٣ قصبة مربعة

الذراع المعمارى = ٩ / ١٦ متر مربع

الهكتار = ٠٠ر١٠٠ متر مربع = ١٠٠ X ١٠٠ متر مربع

أى أن ١ هكتار = ٣٩ر٢ فدان

وحدات الحجوم:

المتر المكعب عموماً هو أهم الوحدات المستعمنة فى حساب الأتربة والمكعبات

١ متر مكعب = ١ مليون سم مكعب = ١٠٠٠ لتر

١ لتر = ١٠٠٠ سم٣

الباب الثانى

المساحة بالجنزير والرفع

Chain Surveying

تعتبر المساحة بالجنزير أو الأطوال من أبسط الطرق المستعملة فى الأراضى وأرخصها وإن لم تكن أدقها. ويستعمل فى هذا النوع أدوات القياس الطولى فقط، مع الاستعانة ببعض الأجهزة البسيطة أحياناً لإقامة وإسقاط الأعمدة.

وهذه الطريقة تصلح للمساحات الصغيرة وفى الأراضى المكشوفة القليلة الارتفاعات والانخفاضات.

خطوات رفع منطقة:

تتلخص عملية الرفع فى الخطوات الآتية:

١- عملية الاستكشاف.

٢- رسم كروكى عام للمنطقة لمراد رفعها.

٣- اختيار وتثبيت نقط المضلع وتكوين الهيكل العام للمنطقة.

٤- عمل كروكيات النقط.

٥- قياس أطوال الخطوط.

٦- عمل التحشية أو الإحداثيات.

٧- تحقيق العمل.

١- الاستكشاف: (Reconnaissance)

نمر فى المنطقة المراد رفعها ورسم خريطة لها ونكون فكرة شاملة عن حالة المنطقة والتعرف على حدودها ومواقعها بالنسبة لبعض وما تحتويه من مبانٍ وشوارع وأعمال صناعية وطبيعية حتى يمكن اختيار أحسن المواقع للنقط التى سوف نختارها لتكون الهيكل الأساسى للمنطقة.

٢- كروكى المنطقة : (Sketch)

يسمى أيضاً اسكتش المنطقة. ويرسم كروكى المنطقة شكل (٢) فى دفتر الغيط، وهو عبارة عن دفتر متوسط الحجم صفحاته مسطرة أو غير مسطرة ٢٢ x١٢ سم تقريباً أو أقل أحياناً يتوسطه خط ولا يشترط فى الكروكى أن يكون بمقياس رسم معين، بل يكفى أن يمثل الطبيعة بقدر الإمكان مع ملاحظة الجهات الأصلية أثناء الرسم. والمعتاد أن يمثل أعلى الورقة اتجاه الشمال. ويراعى فى الكروكى ما يلى:

١- أن يكون الرسم بالقلم الرصاص الخفيف ليتيسر عمل التغييرات التى يتضح عدم مطابقتها للطبيعة.

٢- أن يكون الكروكى كبيراً بدرجة تسمح ببيان التفاصيل.

٣- يكتب فى الركن الشمالى الشرقى نوع المساحة (الجنزير مثلاً) وموقعها وتاريخ عملها ومن قام بها وتوضع بقدر الإمكان الإشارات الإصطلاحية عليه.

٣- اختيار وتثبيت نقط المضلع وتكوين الهيكل العام:

النقط التى تكون الهيكل الذى ستؤخذ عليه تفاصيل الحدود والمعالم الداخلية للمنطقة يجب أن تكون مع بعضها مثلثات لأننا سوف نستعمل أدوات قياس طولية فقط، أى الرسم بأطوال فقط. ولذا يجب أن يكون الهيكل مكون من مثلثات، لأن المثلث هو الشكل الوحيد الذى يمكن توقيعه وتعيينه بمعلومية أطوال أضلاعه فقط.

ويراعى فى إنتخاب نقط المضلع مايلى:

١- تكون الخطوط أقل ما يمكن وبقدر الحاجة، وتكون فى الأجزاء المستوية المكشوفة. وإذا كانت هناك عقبات لا يمكن تفاديها بين نقط المضلع فنتغلب عليها بالطرق المعروفة.

٢- أن يكون الخط أطول ما يمكن ولا يزيد عادة عن ٢٠٠ متر.

٣- إنتخاب النقط بحيث أن زوايا المثلثات تكون بين ٣٠° ، ١٢٠° تقريباً وأحسنها ٦٠° ، أو تكون المثلثات متساوية الساقين وقائمة، لأن المثلثات ذات الزوايا الحادة أو المنفرجة جداً يصعب رسمها وتكون معرضة للأخطاء.

٤- جعل الخطوط أقرب ما يمكن من التفاصيل وحدود المنطقة بحيث لا تبعد أى نقطة من التفاصيل المأخوذة على خط الجنزير عن ٣٠ متراً.

٥- إنتخاب النقط فى مواقع يصعب إزالتها ، فلا تكون فى أرض رخوة أو تعترض المرور أو عرضة للعبث بها ، وفى مواقع يسهل العثور عليها عند الرغبة فى البحث عنها واستعمالها.

٦- تعيين النقط بأوتاد خشبية فى الأراضى غير الصلبة وتكون بارزة قليلاً، أما فى الأراضى الحجرية أو المرصوفة فتدق زوايا حديدية أو مسامير تكون رؤوسها فى مستوى سطح الأرض.

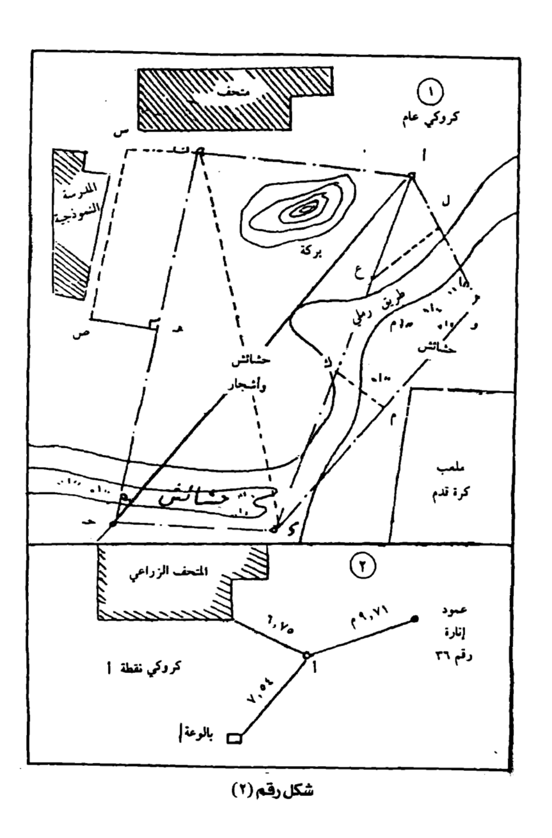
وشكل (٢) يبين مضلع المنطقة أ ب جـ د مع خطوط التحقيق ب د ، ع ل ، م ك وخط إضافى س ص لرفع حدود المدرسة النموذجية.

٤- كروكيات النقط:

يعمل لكل نقطة كروكى على حدة وذلك بعد أن نوقع مواضع نقط المضلع بالتقريب على الكروكى العام وتوصل بخطوط باللون الأحمر أو لون مخالف رسم به الكروكى وترقم بأرقام أو حروف كما فى شكل (٢) .

١- يعمل الكروكى للنقطة برسم الجزء المحيط بالنقطة مكبراً فى صفحة ونأخذ بعدها عن نقطتين ثابتتين (الأفضل ثلاثة) فى الطبيعة (البعد الثالث للتحقيق). وشكل (٢) يوضح كروكى لنقطة أ.

٢- نقيس الأبعاد بالشريط ونكتب هذه الأبعاد على الكروكى حتى إذا أزيلت النقطة أو لم يستدل عليها يمكن الاهتداء إليها مرة أخرى عند استئناف العمل أو تحديدها فى حالة فقدها. وأفضل الأبعاد ما كانت فى اتجاهات متعامدة مع بعض تقريباً.



١
كروكي عام
متحف
المدرسة النموذجية
بركة
طريق رملي
حشائش
حشائش وأشجار
ملعب كرة قدم
٢
المتحف الزراعي
عمود إنارة رقم ٣٦
٩,٧١ م
٦,٧٥
٧,٥٤
كروكي نقطة أ
بالوعة

شكل رقم (٢)

٥- قياس أطوال الأضلاع:

١- تقاس بإحدى الطرق الآتى شرحها.

٢- تقاس الأضلاع مرتين ذهاباً وإياباً ويؤخذ المتوسط.

٦- التحشية أو الإحداثيات : (Offsets)

معنى التحشية هو تعيين إحداثيات التفاصيل ونقط الحدود بالنسبة لخطوط المضلع والتى نطلق عليها خطوط الجنزير فأى نقطة يمكن اعتبار إحداثيها الصادى هو بعدها العمودى عن الخط، وإحداثيها السينى هو بعد مسقط هذه النقطة على الجنزير من أول الخط.

ولإجراء التحشية تجرى الخطوات التالية:

١- يفرد الجنزير فى اتجاه الخط المراد رفع التفاصيل حوله ويرسم حوله كروكى للخط فى صفحة مستقلة. وطريقة رسم كروكى الخط بأن نرسم خطاً متوسطاً الصفحة طولياً ليمثل الضلع وحوله كروكى التفاصيل كما فى الطبيعة شكل (٣).

٢- نأخذ احداثيات نقط التفاصيل بإسقاط أعمدة منها على الجنزير ونقيس أطوال الأعمدة بالشريط ، وكذلك نعين المسافة من بدء الخط حتى مسقط كل نقطة على خط الجنزير، تكرر العملية لكل النقط كما تكرر العملية مرة بعد أخرى كلما انتهى طول الجنزير وهكذا حتى نهاية الخط.

٣- النقط التى تعمل لها التحشية هى:

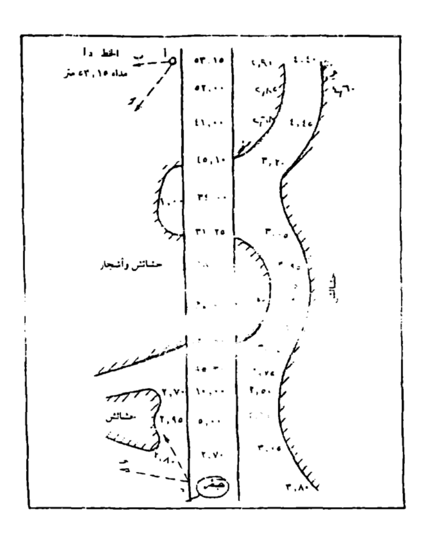
أ - نقط التغير فى اتجاه خطوط التفاصيل أى الكسرات.

ب - أركان المبانى.

جـ - إذا كان المنحنى منتظم الإنحناء فتؤخذ على مسافات متساوية حسب مقياس الرسم أو تؤخذ عند نقط التغير فى الإنحناء.

د- إذا كانت هناك مبان فتؤخذ لها التحشية بأربطة أو أعمدة أو امتدادات أو بالتحشية المثلثية كما سيأتى ذكره فى باب رفع المبانى.

هـ- إذا كان الحد مستقيماً وطويلاً تؤخذ عليه نقط متوسطة للتحقيق.



شكل رقم (٣)

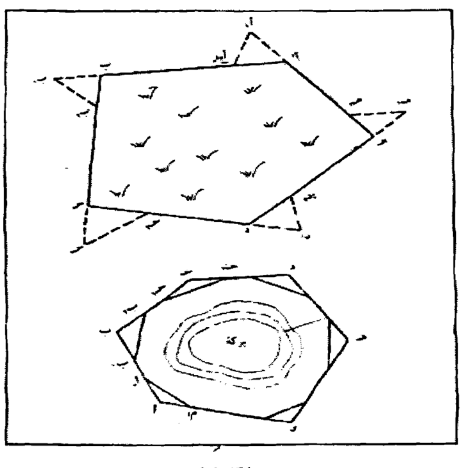
٤- تبين مسافة ابتداء الخط ونهايته كما فى شكل (٣) فبداية الخط ترقم صفر ويكتب رمز النقطة بجوارها، كما ترسم الاتجاهات المتفرعة منها عند أول الخط وآخره ويستحسن تفادى خطوط التحشية الطويلة.

٥- يمكن تلخيص الكلام عن نقط أخذ التحشية بأن الأعمدة تقام على أبعاد مناسبة عند كل تغير محسوس فى اتجاه الإنحناء لتعيين الحد الخارجى للمنطقة وتبعد عن بعضها كلما كان التغيير يسيراً وتقرب من بعضها كلما كان التغيير سريعاً لتحدد المعالم بدقة. هذا على أساس أن المنحنى عبارة عن مجموعة من الخطوط المستقيمة الصغيرة المتصلة.

٦- مقياس رسم الخريطة يحدد مدى الدقة التى يجب أن نتبعها فى القياس ورسم التفاصيل إذ لا داعى لأخذ تفاصيل لا يسمح مقياس الرسم المستعمل بيانها. فمثلا إذا كان المقياس ١ : ١٠٠٠ فيمكن قراءة الجنزير إلى أقرب ثلاثة سنتيمترات لأنَ هذا البعد يمكن توقيعه على الخريطة بطول $\frac{١}{٤}$ ملليمتر وهو أقل ما يمكن توقيعه، إذ يساوى سمك القلم الرصاص تقريباً.

٧- تحقيق العمل:

خطوط التحقيق عباكرة عن بعض الخطوط الزائدة عن الضرورى لرسم الشكل - فمثلاً أى شكل رباعى يكفى لرسمه أربعة أضلاع وقطر ، فإذا قسنا القطر الآخر فذلك للتحقيق . ويجب أن يكون هناك خطوط تحقيق فى كل مضلع فنقيس القطر



شكل (٤)

أو خط التحقيق من الرسم ونقارنه بالطول الذى قسناه فى الطبيعة ، وهذا يساعد على كشف أى خطأ يكون قد وقع فى قياس الأطوال فى الطبيعة أو عند توقيعها على الورقة.

يمكن تحقيق العمل فى المثلثات الكبيرة بإنشاء مثلثات صغيرة وفى شكل (٢) نجد أن القطر ب د استخدم كخط تحقيق والخطين ل ع ، م ك كخطى تحقيق فى المثلث أ د و.

عمل المكتب:

بعد انتهاء عمل الغيط يبقى عمل المكتب لرسم واستكمال الخريطة وسوف نوضح فى باب الخرائط جميع ما يتعلق برسم الخرائط.

رفع منطقة يتعذر تقسيمها إلى مثلثات:

حيث أن أساس العمل فى المساحة بقياس الأطوال هو تكوين هيكل لها مكونة من مجموعة من المثلثات، وحيث أنه كثيراً ما يصادفنا حالات يتعذر فيها ذلك التقسيم، فيجب اتباع طرق أخرى نبين بعضها فيما يلى:

قد تكون لدينا حديقة أو مزرعة ويراد رفعها شكل (٤) فنجرى الخطوات التالية:

١- نحيط المنطقة بمضلع مثل أ ب جـ د هـ ثم نقيس أطوال أضلاعه، وتكون عليها مثلثات أ أ١ أ٢، ب ب١ ب٢ وهكذا حيث يكون أحد أضلاعها عبارة عن امتداد أحد أضلاع الهيكل الأصلى. وعند رسم المضلع نبدأ برسم أحد الأضلاع وليكن أ ب ثم نوقع عليه بمقياس الرسم المثلثين الموجدين عند طرفيه. نمد أ أ١، ب ب٢ وتوقع عليهما طول أ هـ، ب جـ فتتعين هـ جـ ، وبالمثل نكون المثلث جـ جـ٢ جـ١ ونمد جـ جـ٢ ، ونحدد عليه الطول د هـ فتتعين د. نصل د هـ ونقيس طوله من الرسم ونقارنه بطوله فى الطبيعة كتحقيق . ويمكن البدء بأى خط آخر وليكن و هـ.

٢- قد لا يسمح المكان بمد الخطوط وتكوين مثلثات خارج المضلع، ففى هذه الحالة نكون مثلثات داخل الضلع نفسه كما فى حالة المستنقع شكل (٤).

طـرق قيـاس أطـوال الخطـوط
(Distance Measuring)

يعتبر قياس الأطوال أساس كل الأعمال المساحية ، وأى خط يمكن قياس طوله أو المسقط الأفقى له بطرق شتى وبأدوات وأجهزة مختلفة تتفاوت من ناحية الدقة فى النتائج والسرعة فى العمل.

والطرق المتبعة هى:

١- طرق تقريبية مثل استعمال الخطوة وسرعة السيارة والبيدومتر وغيرها.

٢- استعمال أدوات القياس الطولية كالشرط والجنزير.

٣- استعمال أطوال وزوايا.

٤- استعمال طرق بصرية خاصة كما فى المساحة التاكيومترية

٥- استعمال طرق الأجهزة الالكترونية مثل الأجهزة الكهروضوئية والأجهزة التى تعمل بموجات الراديو الكهرومغناطيسية والرادار.

وسنتكلم فى هذا الباب على النوع الثانى فقط ، أما الطرق الأخرى فسيأتى شرحها فيما بعد..

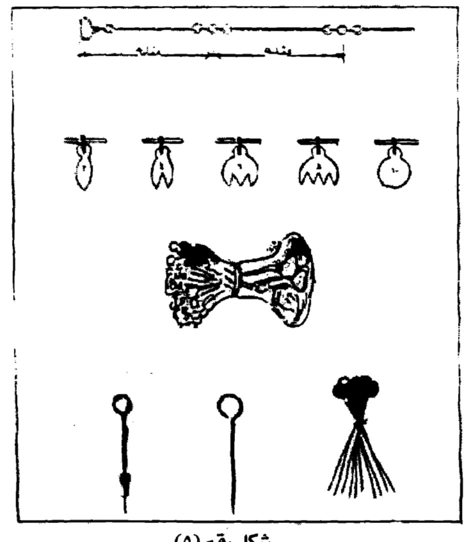
الأدوات المستعملة

١- الجنزير :(Chain)

كان الجنزير فيما مضى أهم ما يستعمل فى قياس الأطوال، أما الآن فلا يستعمل إلا فى القياسات التى لا تتطلب دقة كبيرة أو فى القياسات التمهيدية والجنزير رخيص الثمن سهل الإصلاح وكثير التحمل لذا يستعمل فى الأراضى الوعرة.

يتركب الجنزير من عقل من الحديد أو الصلب تدهن باللون الأسود، وتتصل كل عقلة بالأخرى بحلقات من نفس المعدن وينتهى طرفا الجنزير بمقبضين من النحاس (شكل٥). والجنازير المستعملة فى مصر بطول ١٠ ، ٢٠ ، ٣٠ متراً وإن

كان طول ٢٠ متراً هو الأكثر شيوعاً . والجنزير يتكون من مجموعة من العقل كل منها ٢٠ سنتيمتراً وذلك بما يتبعها من حلقات ، وطول الجنزير يعتبر من خارج القبضتين. وتوجد عند نهاية كل مترين ، أي ١٠ عقلات ، علامة نحاسية ذات شكل يختلف تبعاً لعدد الأمتار الذى تدل عليه العلامة.. فمثلاً علامة ٢ متر ذات سن واحد، وعلامة ٤ متر ذات سنين، وهكذا حتى علامة ١٠ متر وهى منتصف الجنزير فتدل عليها علامة مستديرة والعلامات متماثلة من طرفى الجنزير فمثلاً ١٢ مترا تدل عليه علامة ذات ٤ سنون لأنها متماثلة مع ٨ متر. ومن الطبيعى أنه يمكن الحكم على أنها مسافة ١٢ وليس ٨ متراً بمجرد النظر.



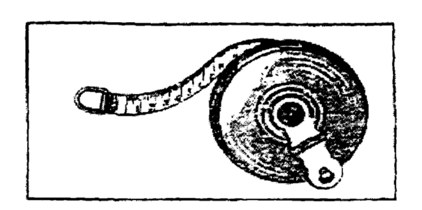
شكل رقم (٥)

لفرد الجنزير تمسك قبضتى الجنزير باليد اليسرى. ثم نفرده بقوة مع جعل القبضتين فى اليد اليمنى. يمسك شخص آخر إحدى القبضتين ويتجه إلى الأمام حتى يفرده تماماً . وعند انتهاء العمل به يطوى من منتصفه كل عقلتين مع بعض مثنى حتى نهايته حتى يصير الجنزير على هيئة حزمة ثم يربط بالحزام الخاص به. ويجب التحقق من طول الجنزير قبل استعماله لتعرض طوله للتغير نتيجة لعدة عوامل مثل اتساع الحلقات أو انثناء بعض العقلات. ويحقق طول الجنزير من آن لآخر بمقارنته بشريط صلب مضبوط. ومن عيوب الجنزير ثقل وزنه مما يسبب صعوبة جعله أفقياً تماماً فى الأراضى شديدة الانحدار.

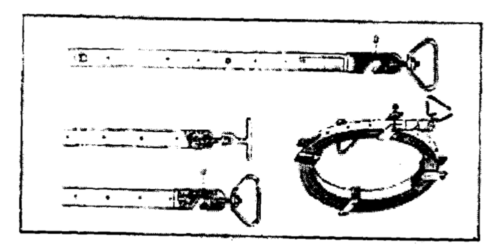
٢- الشرائط :(Tapes)

تعتبر أفضل ما يستعمل للقياس المباشر. وهى إما أن تكون من الكتان (Linen Tapes) أو الصلب ويصل طولها إلى ١٠٠ متر وهى تلف حول بكرة بداخل علبة من الجلد أو الصلب كما فى شكل (٦). والأشرطة التيل تقسم على أحد الوجهين إلى أمتار وديسمترات وسنتيمترات والأمتار مطبوعة باللون الأحمر وفى الشريط الصلب غالباً جزء صغير فقط عند أوله مقسم إلى ملليمترات. ويطرف الشريط حلقة من النحاس لسحبه منها ومن عند طرفها الخارجى يبدأ صفر القياس. ويجب استعمال الشريط الصلب فى الأعمال الدقيقة كما فى المساحة بالمدن وإيجاد المسطحات والمشروعات الدقيقة. وأحسن أنواع الشريط التيل ماهو مقوى بأسلاك رفيعة من البرونز أو النحاس تساعد على حفظ طوله من التمدد أو الانكماش، ويجب معايرة الأشرطة من آن لآخر للتأكد من طولها وعمل التصحيح اللازم.

وهناك شرائط صلب تعمل عمل الجنزير بمعنى أنها غير مقسمة بدقة ولكن بعلامات كل ١٠ سنتيمتر وكل نصف متر وكل متر (شكل ٧) وطولها ٢٠ متر وهناك مجرى عند كل مقبض لتثبيت الشريط فى شوكة وطول الشريط يبدأ من هذه المجرى وفى العادة تقسم العشرة سنتيمترات الأولى منه إلى سنتيمترات وملليمترات.



شكل رقم (٦)



شكل رقم (٧)

عيوب الشريط:

١- يصعب استعماله فى تيارات الهواء الشديد لتعذر شده أفقياً.

احتياطات فى الاستعمال:

١- يجب إمرار الشريط بين اصبعين عند لف الشريط التيل فى علبته، مع وضع خرقة منداة بين الأصبعين لأزالة الأتربة.

٢- يجب إبعاده عن الأرض المبللة وعن الماء حتى لا يتأثر طوله إذا ما أصابه بلل.

٣- الشريط الصلب سريع التعرض للكسر إذا أسئ استعماله، ويحتاج إلى عناية كبيرة عند استعماله.

٤- الشريط الصلب معرض للصدأ عند تعرضه للرطوبة ويجب مسحه بخرقة مبللة قبل لفه ثم تجفيفه ودهنه بطبقة من الزيت أو الفازلين عند حفظه.

٣- الشوكة: (Arrow)

عبارة عن أسياخ من الحديد أو الصلب (بطول ٢٠ - ٤٠ سم) مدببة من أحد طرفيها ليسهل غرسها في الأرض والطرف الثاني على هيئة حلقة مستديرة كمقبض. شكل (٥).

وفي الأراضي المنحدرة تستعمل أحياناً شوكة تسمى (الشوكة المثقلة Drop Arrow) شكل (٥) وهي شوكة عادية بنهايتها ثقل وتستعمل في القياس في الأراضي المنحدرة وذلك بإسقاطها لتعيين موقع النقطة.

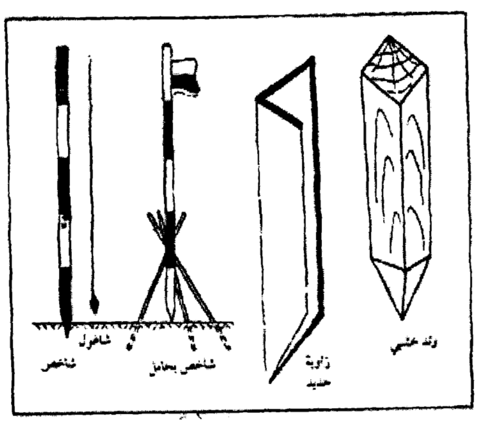
٤- الأوتاد: (Pegs)

وهي نوعان الأول من الخشب بطول (٢٠ - ٣٠ سم) تقريبا مدبب من أحد طرفيه وقد يكون مضلعاً شكل (٨) أو مستديراً. والنوع الثاني على هيئة زوايا من الحديد شكل (٨) أو مسامير، وهذا النوع يستعمل في الأراضي الصلبة كالأسفلت. والأوتاد تدق في نقط بدء القياس أو في النقط المحددة لرؤوس المضلعات ويترك منها جزء حوالي سنتيمتران فوق سطح الأرض حتى يسهل الرجوع إليه أو إعادته إلى مكانه إذا فقد.

٥- الشواخص (Range Poles)

عبارة عن أعمدة خشبية اسطوانية (شكل ٨) أو مضلعة مثمنة الشكل وطولها يتراوح بين ٢ ، ٥ مترا وقطرها من ٣ إلى ٥ سنتيمتر تقريباً وبأسفل كل منها كعب عبارة عن مخروط حديدي مدبب ليسهل غرسها وتثبيتها في الأرض وحفظها من التآكل . ويلون الشاخص بألوان زاهية متبادلة عادة أبيض وأحمر وأسود، وطول كل جزء من الألوان نصف متر حتى يمكن استعماله أحياناً للقياس

التقريبى. وتبادل الألوان يساعد على تمييزها ورؤيتها عن بعد، وقد يوضع علم أصفر أو أحمر حتى تزداد سهولة رؤيته. ويلاحظ أن تغرس الشواخص رأسيا تماماً فى الأرض وإذا تعذر ذلك تستعمل لها حوامل خاصة.



شكل رقم (٨)

٦- خيط وثقل الشاغول :(Plumb Bob)

عبارة عن ثقل عادى مخروطي الشكل ومعه خيط متين (شكل ٨) وهو يستعمل فى عملية التسامت أى تعيين المسقط الأفقى لنقطة وفى ضبط رأسية حواف وأركان المبانى وعلى العموم فى ا لأغراض التي تتطلب تعيين خطوط رأسية.

قيـاس أطـوال الخطـوط

١-إذا كان طول الخط أقصر من طول جنزير:

الحالة الأولى: الأرض مستوية تقريباً :

نمد الجنزير أو الشريط بين الوتدين المحددين لطول الخط بحيث يكون مستقيم وأفقياً تماماً والحد الخارجي لإحدى قبضتي الجنزير عند نقطة ابتداء الخط ثم نعين الطول مباشرة على الجنزير أو الشريط.

٢- إذا كان طول الخط أطول من جنزير:

يحتاج القياس فى هذه الحالة أولاً إلى عملية توجيه الخط بواسطة الشواخص. نفرض أن أ ب شكل (١٠) هو الخط المطلوب قياسه فى الاتجاه من أ إلى ب . نجرى العمل بالخطوات التالية:

١- يمسك شخص أول الجنزير ويسمى (الخلفى) والآخر بنهايته ويسمى (الأمامى) ويكون معه ١٠ شوك.

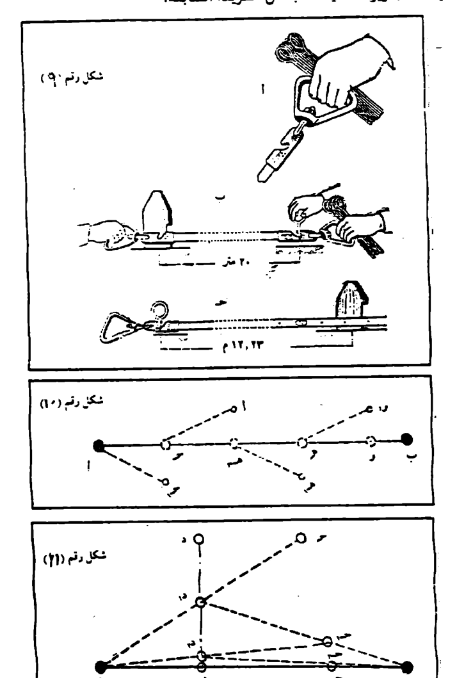
٢- تحدد كل من أ ، ب بوتد ويوضع شاخص فوق كل منهما ثم يفرد الجنزير.

٣- يثبت الخلفى أول الجنزير أو الشريط فى أ ويجلس القرفصاء خلف أ ليتسنى له رؤية كعب الشاخص فى ب ثم يتحرك يميناً أو يساراً حتى يختفى الشاخص فى ب خلف الشاخص فى أ وبذلك يصبح الخلفى على الاتجاه أ ب تماماً.

٤- يطلب الخلفى من الأمامى الذى يكون قد اتخذ وضعاً تقريبياً مثل جـ١ أن يتحرك حتى يختفى الشاخص الذى معه أ فيأخذ الأمامى الوضع جـ الواقعة على (أ ب) ويشد الجنزير جيداً فى هذا الاتجاه ثم تغرز شوكة فى جـ نهاية الجنزير (شكل ١٠).

٥- الآن تحدد نهاية الجنزير الأول أو الطرحة الأولى. يسحب الأمامى الجنزير ويسير الخلفى فى اتجاه ب حتى تصل قبضة الجنزير مع الخلفى إلى جـ. يكرر العمل من جـ فيتخذ الجنزير الوضع جـ د مثلاً (شكل ١٠) وبعملية التوجيه تحدد

النقطة د ، وتوضع فيها شوكة وقبل أن يسحب الأمامي عند د الجنزير يرفع الخلفي الشوكة التي وضعت في جـ ثم يسحب الجنزير حتى يصل الخلفي إلى د ويقوم بتوجيه الجنزير لتحديد هـ بنفس الطريقة السابقة.



٦-يستمر العمل هكذا حتى نهاية الخط فإن كان طوله أكبر من ٢٠٠ متر (أى ١٠ جنازير)، يسلم الخلفى إلى الأمامى الشوك العشر ويرصد فى دفتر معه مخصص للملاحظات أنه قد قيس من الخط ٢٠٠ متر. يستمر العمل حتى نهاية الخط ويرصد الطول الكلى للخط وذلك بتحديد عدد المرات التى تبودلت فيه الشوك من واقع الدفتر الموجود مع الخلفى. يضاف الطول المقابل لعدد الجنازير الصحيحة لآخر نقطة وصل إليها الخلفى، وعدد الجنازير يدل عليه عدد الشوك الموجود معه. وأخيراً تضاف الأمتار الصحيحة وكسرها لنهاية الخط - قد نستعمل خمس شوك بدلاً من ١٠ وتكون المسافة المقيسة ١٠٠ م.

٧ - يحسن جدا التوجيه بإشارات يتفق عليها بدلاً من النداء.

٢- إذا كان الخط طويلاً بحيث يتعذر رؤية نهايته:

١- يفرض أن أ ب هو الخط المطلوب قياسه والمسافة بينهما كبيرة بحيث يتعذر رؤية أ من ب بوضوح شكل (١١).

٢- نختار نقطتين مساعدتين مثل ج ، د بين أ ، ب بحيث يمكن رؤية كل من أ ، ب من جـ ، ثم ب ، جـ من د بحيث تكون هاتان النقطتان أقرب ما يمكن من اتجاه الخط أ ب.

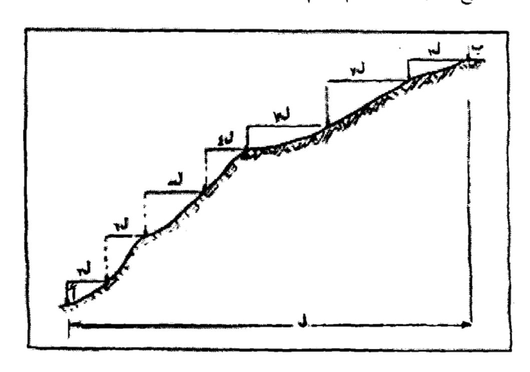
٣- يقف شخصان يواجهان بعض في جـ ، د . يطلب الموجود فى جـ من د أن يحرك الشاخص الموجود معه حتى يأتى إلى وضع مثل د ١ بحيث تصبح جـ ، د ١ ، أ على استقامة بعض. يأتى دور الشخص الواقف فى د ١ فيأمر الموجود فى جـ أن يتحرك حتى تصبح د ١ ، جـ ١ ، ب على استقامة واحدة.

٤- تكون العملية بالتباد ل حتى نحصل أخيراً على وضع تكون فيه أ ، د٢ ، ب على استقامة واحدة. وذلك يحدث عندما يأتى دور أحد الشخصين فى التوجيه فيجد أن الشواخص الثلاثة تكون فعلاً على استقامة بعض لأن أ ، د٢ ، جـ ٢ تكون على استقامة واحدة. وكذلك ب ، جـ٢ ، د٢ أى الأربعة على استقامة واحدة.

٥- تقاس الأجزاء أ د٢ ، د٢ جـ٢ ، جـ٢ ب بإحدى الطريقتين السابقتين.

الحالة الثانية: القياس على أرض غير منتظمة الانحدار:

إذا كان ميل الأرض غير منتظم فتتبع طريقة السلالم حيث يبدأ القياس من النقطة العليا فيمسك الخلفى مقبض الجنزير أو بداية الشريط ويمسك الأمامى المقبض الآخر أو أى علامة من علامات الجنزير أو الشريط يتوقف اختيارها على درجة ميل الأرض حيث يكون فرق الارتفاع معقولاً ويشد الجنزير أو الشريط أفقياً فى الاتجاه أ ب شكل (١٢) وبمساعدة خيط شاغول يمكن تحديد النقطة جـ ويكرر القياس إلى أن نصل إلى النقطة ب ويكون الطول الكلى أ ب مساوياً لمجموع الأطوال المقاسة ل١ + ل٢ + ... + ل ن.



شكل رقم (١٢)

الحالة الثالثة: القياس على أرض منتظمة الانحدار:

إذا كانت الأرض منتظمة الانحدار أو مكونة من عدة انحدارات منتظمة فيفضل فى هذه الحالة قياس المسافة المائلة (م) مباشرة وبمعرفة زاوية الانحدار يمكن حساب المسافة الأفقية (ف) وهناك بعض الأجهزة البسيطة لقياس زاوية الانحدار لسطح الأرض كالكلينومتر.

الكلينومتر

(The Clinometer)

يستعمل الكلينومتر لإيجاد انحدار سطح الأرض، وأبسط أنواعه عبارة عن لوحة مستطيلة من الخشب شكل (١٣) مرسوم عليها منقلة نصف دائرية يتدلى من مركزها خيط معلق به ثقل شاغول. والجهاز له قاعدة من الخشب أيضاً. ولاستعمال الجهاز فى قياس زاوية الانحدار نضع الكلينومتر على سطح المنحدر فنجد أن خيط الشاغول يأخذ وضعاً رأسياً دائماً وينطبق على قراءة على المنقلة، وهى زاوية الانحدار المطلوب شكل (١٣).

وللكلينومتر أنواع أخري منها النوع المبين فى شكل (١٣) وهو يتركب من ساقين مستقيمين موضوعين أحدهما فوق الآخر ومتصلين عند أحد طرفيهما بمفصله بحيث يمكن تقريب أو إبعاد الطرفين الآخرين عن بعضهما حسب الحاجة وفى هذه الحالة تصغر أو تكبر الزاوية بين الساقين. ولمعرفة مقدار الزاوية يوجد بنهاية الساقين قوسان ينزلق أحداهما على الآخر، أحدهما مقسم إلى درجات وأجزاء الدرجات ومثبت بالساق العلوى ، والقوس الآخر مثبت بالساق السفلى ومبين عليه علامة تنطبق على صفر القوس الأول عندما يكون حرفا الساقين منطبقين على بعض ، وبأعلى الساق العلوى ميزان تسوية.

ولاستعمال هذا الجهاز يلزم وضع لوح أو شاخص على الأرض المائلة لأخذ متوسط التعرج فى سطح الأرض ثم نضع قاعدة الجهاز على الانحدار وترفع الذراع حتى يصير أفقياً (الفقيعة فى منتصف مجراها) فتكون الزاوية هـ بين الذراعين هى الزاوية المطلوبة.

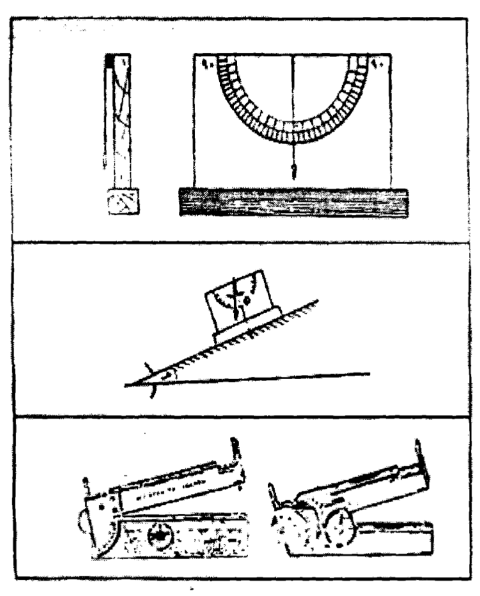
العقبات والموانع فى قياس أطوال الأضلاع

كثيراً ما تعترضنا عوائق وعقبات أثناء قياس الأطوال ، وهذه العقبات على ثلاثة أنواع.

أولاً - العائق يعترض القياس فقط.

ثانياً - العائق يعترض الرؤية (التوجيه)فقط.

ثالثاً - العائق يعترض القياس والتوجيه معاً.



شكل رقم (١٣)

أولاً - العائق يعترض القياس:

١- الطرق غير المباشرة فى حالة إمكان القياس حول المانع (الدوران حوله):

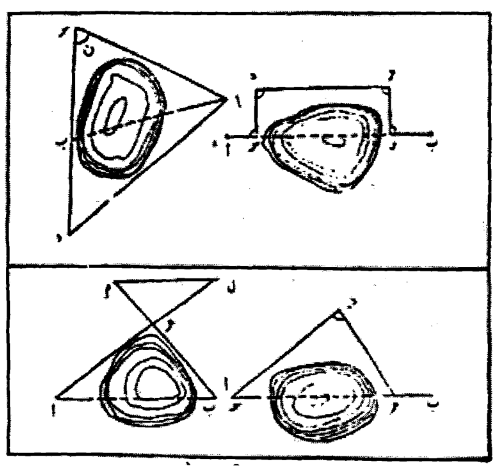
مثال هذه الحالة بركة أو مستنقع. والمطلوب قياس البعد أ ب. والشكل (١٤) يبين أربع حالات لتعيين أ ب هى:

١- نحدد هـ نقطة على الخط أب بالتوجيه حيث المانع لا يحجب الرؤية، نقيم منها العمود جـ د على أب بحيث يتجاوز طوله حدود البركة. من نقطة د نقيم العمود د هـ بحيث تقع هـ بعد نهاية البركة. نقيم من هـ العمود هـ وبطول يساوى د جـ فيكون هـ د موازياً و جـ الذى حالت البركة دون قياسه وكذلك يساويه فى الطول، فيكون:

أ ب = أ جـ + د هـ + و ب

ويلاحظ أن تكون جـ أقرب ما يمكن لحدود البركة.

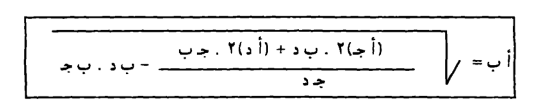
٢- نعين نقطة مثل هـ على اتجاه أ . من هـ نحدد اتجاهاً مناسباً مثل هـ د ونقيم عليه من العمود جـ د ، بقياس جـ د ، هـ د يمكن إيجاد جـ هـ بنظرية فيثاغورث.



شكل رقم (١٤)

٣ تنتخب نقطة مثل هـ ثم نصل ب هـ ، ونمده إلى م بحيث يكون ب هـ = هـ م أو نسبة منها. نصل أ هـ ، ونمده إلى ل بحيث أن أهـ = هـ ل أو بنفس النسبة فيكون أ ب مساوياً م ل أو بنفس النسبة ، ويلاحظ أن الطرق الثلاث السابقة فيها إقامة أعمدة أما هذه الطريقة فلا تعتمد عليها وتعتبر هذه الطريقة أفضل مما سبق من الطرق.

٤- هذه الطريقة مثل السابقة لا تعتمد على الأعمدة وهى طريقة كثيرة الاستعمال جداً . لقياس أ ب نمرر أى خط فى الطبيعة بالنقطة ب ويتفادى حدود البركة وليكن الخط جـ د ب . نصل أ جـ ، أ د نقيس الأربعة خطوط أ جـ ، أ د ، ب د ، ب جـ ويمكن حساب الطول أ ب من المعادلة:



$$أ ب = \sqrt{\frac{(أ جـ)^2 . ب د + (أ د)^2 . جـ ب}{جـ د} - ب د . ب جـ}$$

٢- الطرق غير المباشرة فى الحالة التى لا يمكن فيها الدوران أو القياس حول المانع:

مثال هذه الحالة ترعة ممتدة أو نهر. والمقصود هنا حالات المجارى المائية المتوسطة الاتساع أو الصغيرة كما فى الشكل (١٥).

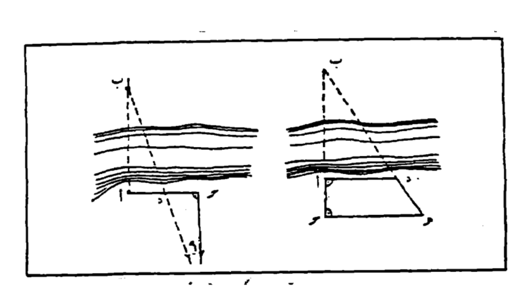
١- لقياس عرض المجرى أ ب ، نقيم من أ العمود أ د . نمد أ ب على استقامته ونعين نقطة مثل جـ عليه، على بعد مناسب من أ نقيم من جـ العمود جـ هـ على أ جـ ونتحرك على جـ هـ حتى نأتى إلى الوضع هـ الذى يكون فيه ب ، د ، هـ على استقامة واحدة. نقيس أ د ، جـ هـ فيكون:

$$\frac{أ ب}{ب جـ} = \frac{أ د}{هـ جـ}$$

$$أ ب = \frac{ب جـ . أ د}{جـ هـ} = \frac{(أب + أ جـ) . أ د}{جـ هـ}$$

وبقياس أ جـ يمكن معرفة أ ب.

٢- أو من أ نقيم العمود أ جـ ، وننصفه في د . من جـ نقيم العمود جـ هـ ، ونتحرك على جـ هـ حتى نأتي إلى وضع تكون فيه ب ، د ، هـ على استقامة واحدة، فيكون جـ هـ = أ ب .



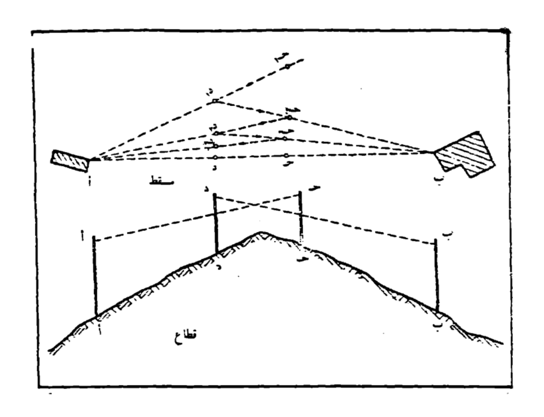
شكل رقم (١٥)

ثانياً - العائق يعترض التوجيه فقط:

أ - حالة تل مرتفع:

المطلوب في هذه الحالة تعيين المسافة الأفقية بين أ ، ب. نطبق طريقة قياس خط طويل لايمكن رؤية نهايته والسابق شرحها بالاستعانة بشخصين ومعهما شواخص مساعدة جـ ، د فوق المرتفع شكل (١٦).

بعد جعل أ، ب، جـ ، د على استقامة واحدة تقاس المسافات الجزئية أ د ، د جـ ، جـ ب كما قسنا على الأراضي المنحدرة سواء أكانت منتظمة أو غير منتظمة الإنحدار.



شكل رقم (١٦)

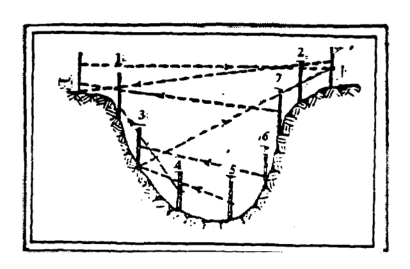
ب - حالة وجود منخفض:

إذا كان كل من طرفى الخط الواقع على حدود المنخفض شكل (١٧) لا يمكن منه رؤية هذا المنخفض فإنه تجرى عملية توجيه الشواخص لتحديد جميع نقطه كما يلى:

١- فى نقطتى أ ، ب تثبت شاخصين ونحدد موقعى شاخصين جديدين ١ ، ٢ على الخط أ ب (١ قريباً من ب ، ٢ قريباً من أ).

٢- نحدد مواقع شواخص جديدة فى المنخفض بالاستعانة بالشواخص عند أ ، ب ، ١ ، ٢ مثل ٣ الواقع على امتداد (أ -٢)، ٤ الواقع على امتداد (١-٣) ، ... ، ٧ على امتداد (ب -١).

٣- نقوم بقياس كل جزء من الخط على حدة.



شكل رقم (١٧)

ثالثا - العائق يعترق القياس والتوجيه معاً:

١- طرفا الخط على جانبى العائق:

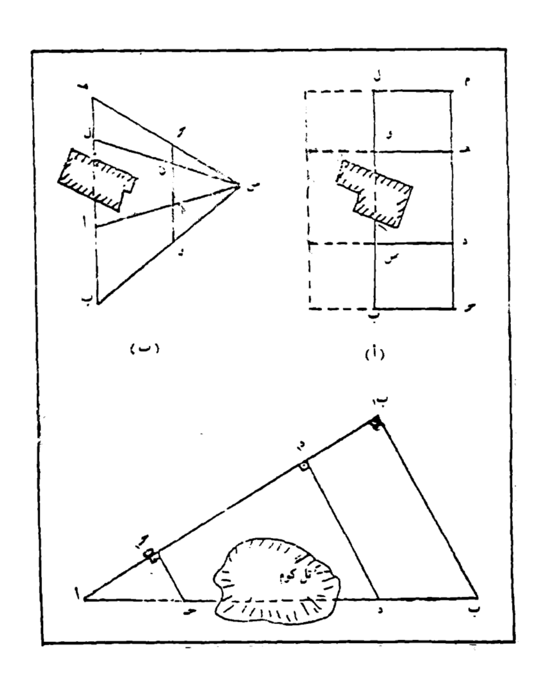
أ- قياس المسافة بين الطرفين:

هذه الحالة تتمثل غالباً عند وجود كوم من الحبوب أو الحديد مثلاً أو أى مرتفع لا يمكن الصعود فوقه مثل منطقة بها تشوين من الجير والرمل. من أ نعين خط مثل أ ب١ أقرب ما يكون إلى اتجاه الخط أ ب شكل (١٨). نقيس أ ب١ ونسقط عليه العمود ب ب١ من ب ونقيس طوله.

$$\text{أ ب} = \sqrt{(\text{أ ب})^{٢} + (\text{ب ب١})^{٢}}$$

ب - تحديد نقط على اتجاه الخط:

لتحديد نقط مثل جـ ، د على أ ب ... شكل (١٨-أ) نأخذ أي نقطة على أ ب ١ مثل جـ ١ ، نقيم منها عمود أ ب١ ، ونأخذ عليه الطول جـ جـ١ بحيث أن : $\frac{\text{جـ جـ١}}{\text{ب ب ١}} = \frac{\text{أ جـ ١}}{\text{ب أ ١}}$ حيث المجهول هو جـ جـ١ فقط . ويمكن بنفس الطريقة تعيين أي نقطة أخري مثل د .



شكل رقم (١٨)

٢- مد خط طرفاه على جانب واحد من العائق:

والمطلوب مد الخط المعلوم ب س الذى يعترض امتداده عقبة مثل مبانى.

١- شكل (١٨-أ) نقيم العمودين المتساويين ب جـ من ب ، س د من س على الخط ب س المطلوب مده خلال المبانى ، مع ملاحظة أن تكون الأعمدة بعيدة عن المبنى . نمد جـ د على استقامته ثم نعين هـ ، م على امتداداه . نقيم العمودين هـ و ، م ل بحيث يساوى كل منهما ب جـ ، س د فيكون و ، ل على استقامة ب س ، ويكون جـ هـ = و ب للتحقيق يكرر العمل من الجهة الأخرى كما هو مبين بالخطوط المتقطعة.

٢- شكل (١٨-ب) - الخط المعلوم أ ب. نختار نقطة مناسبة مثل س ونقيس س أ، س ب . نوقع و ، د على س ب ، س أ بحيث أن :

$$\frac{\text{س د}}{\text{س أ}} \quad \frac{\text{س و}}{\text{س ب}} = \text{مقدار ثابت} = \text{ك}$$

نمد و د ، ونختار عليه أى نقطتين مناسبتين مثل ن ، جـ ، نقيس س ن ، س جـ . نمد س جـ إلى هـ ، س ن إلى ل بحيث أن:

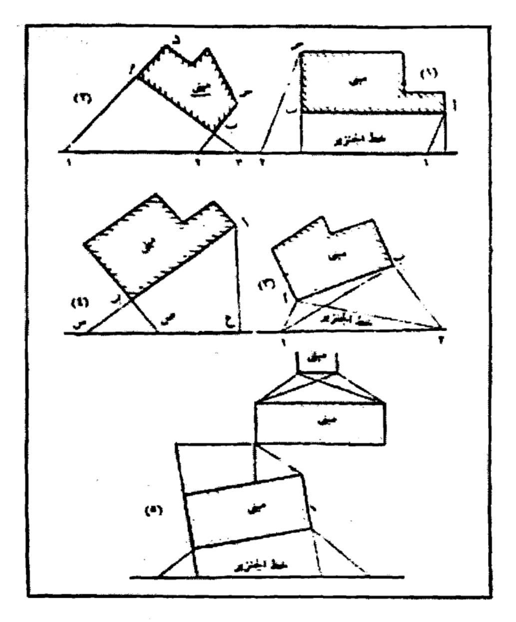
س ن : س ل = س جـ : س هـ = ك

ويذا يكون الخط هـ يعين ابتداء ب أ ، وطول أ ب = $\frac{\text{ن د}}{\text{ك}}$

طرق رفع المبانى:

تختلف طرق رفع المبانى من مبنى لآخر حسب ظروف كل مبنى ، ولكن تتفق جميع الطرق فى قياس الأبعاد الخارجية للمبنى إن أمكن ذلك. وفيما يلى بعض الحالات الخاصة:

١- إذا كان المبنى مجاوراً لخط الجنزير وموازياً له بالتقريب تتبع الطريقة العادية بإسقاط الأعمدة من النقطتين أ ، ب ثم يقاس البعدان (أ١ ، جـ٢) وذلك كنوع من التحقيق حيث (١) ، (٢) هما قراءتان صحيحتان على خط الجنزير. (يستحسن أن تكون إحدى علامات الجنزير) (شكل ١٩-١).



شكل رقم (١٩)

٢- إذا كـان المبنى مـائلاً بزاوية صـغـيـرة على خط الجنزير (شكل ١٩-٢) بحيث يمكن قراءة تقاطع امتداد واجهة المبنى الطويلة مع خط الجنزير فإن مواقع تقاطع امتداد الواجهتين أ ب ، د أ، جـ ب تحدد مع خط الجنزير (النقط ٣ ، ١ ، ٢ على الترتيب) ثم يقاس البعد أ ١ ، ب٢ والرباط ب٣.

٣- كل مبنى يمكن رفعه بطريقة التحشية المثلثية، وتتلخص هذه الطريقة فى قياس الأبعاد أ١، أ٢ ، ب١ ، ب٢ كما هو مبين فى شكل (١٩-٣) حيث ١، ٢ هما قراءتان صحيحتان على الجنزير - بذلك يتحدد مكان الواجهة أ ب.

٤- إذا كان المبنى مائلاً بزاوية كبيرة على خط الجنزير يحدد امتداد الواجهتين أب، جـ ب مع خط الجنزير ثم تقاس الأطوال ب س ، ب ص والرباط أ ع العمودى على خط الجنزير شكل (١٩-٤).

٥- يمكن رفع مبنى آخر سبق رفعه وذلك كما هو مبين بالشكل (١٩-٥).

الأخطاء فى قياس الأطوال بالشريط أو الجنزير وتصحيحاتها

فى أى أرصاد لا بد وأن توجد أخطاء فى قياس أطوال الخطوات نتيجة أسباب عديدة من القياس على أرض منحدرة وترخيم الشريط أثناء القياس واختلاف طول الشريط عن الطول القياسى له والتغيير فى طول الشريط نتيجة اختلاف درجات حرارة الجو... الخ. ولذا يجب أن نجعل الخطأ لا يتعدى نسبة معينة. ونسبة الخطأ المسموح به تتوقف على طبيعة العمل والغرض المطلوب، ولذا يجب أن تعرف مصادر الأخطاء وكيفية حساب التصحيحات اللازمة لتلافيها.

وأهم مصادر الأخطاء فى القياس بالجنزير أو الشريط هى:

أولاً - طول الشريط أو الجنزير غير مضبوط:

أى أن الطول الحقيقى لا يساوى الطول الاسمى وقد يكون أقل أو أكبر. ويرجع ذلك إلى أسباب عديدة منها اعوجاج بعض العقل أو فقدان بعض الحلقات، وإذا كان الجنزير سليماً فيمكن مقارنته بالشريط الصلب أو التيل فأهم ما يؤثر على طوله اختلاف درجة الحرارة، ويجب معايرته من آن لآخر.

ويصحح طول الخط كما يلى:

$$\frac{\text{الطول الحقيقي للخط}}{\text{الطول الخطأ للخط}} = \frac{\text{الطول الحقيقي للجنزير أو الشريط}}{\text{الطول الأسمي للجنزير أو الشريط}} \quad (١)$$

مثال ١:

قيس خط بشريط ينقص طوله ١٠ سنتيمترات عن الطول الاسمى فكان طول الخط ١٩٨ متراً ما هو الطول الحقيقى للخط .

الطول الحقيقى = الطول الحقيقى للشريط = ٩٠ر ١٩ والاسمى ٢٠ م .

$$\frac{\text{س}}{١٩٨} \quad \frac{١٩,٩}{٢٠}$$

$$\text{س} = \frac{١٩٨ \times ١٩,٩}{٢٠} \quad ١٩٧,٠١ \text{ متراً}$$

أما إذا استعمل الشريط أو الجنزير لإيجاد المساحة بقياس جميع حدودها فإن:

$$\frac{\text{المساحة الحقيقية}}{\text{المساحة الخطأ}} = \frac{(\text{الطول الحقيقي للشريط})^{٢}}{(\text{الطول الأسمي للشريط})^{٢}} \quad (٢)$$

مثال ٢:

قيست مساحة أرض بشريط يزيد عن طوله الاسمى بمقدار ١٠ سنتيمتراً فكانت مساحة الأرض ٦٠٠٠ متر مربع فما المساحة الحقيقية؟

الحل

$$\text{المساحة الحقيقية} = \frac{٦٠٠٠ \times (٢٠,١٠)^{٢}}{(٢٠)^{٢}} = ٦٠٦٠,١٥ \text{ متر}٢$$

مثال ٣:

يراد توقيع مسافة ٩٩٨ متراً بشريط طوله الاسمى ٢٠ متراً وطوله الحقيقى أقصر من الاسمى بمقدار ٤ سم . فما المسافة التى يلزم توقيعها بهذا الشريط.

الحل:

$$\text{المسافة المطلوبة} = \frac{٩٨٨ \times ٢٠}{١٩,٩٦} = ١٠٠٠ \text{ متر}$$

حالة استعمال شريطين مختلفين:

مثال ٤:

لإيجاد مساحة مستطيل قيس طوله بشريط من التيل طوله الاسمى ٢٠ متراً فكان ١٩٥ متراً وعند معايرة الشريط اتضح أن طوله الحقيقى ١٩,٤٠ متر وقيس عرض المستطيل بشريط آخر طوله الاسمى ٣٠ متراً فكان ١٦٠ متراً واتضح أيضاً أن طوله الحقيقى ٢٩٫٤٠ متراً.

أوجد المساحة الحقيقية للمستطيل.

الحل:

المساحة المقاسة = ٢٢٥ x ١٨٠ = ٤٠٥٠٠ متراً

ويمكن إيجاد المساحة الحقيقية من المعادلة التالية:

$$\frac{\text{المساحة المقاسة}}{\text{المساحة الحقيقية}} = \frac{\text{طول الشريط الاسمي الأول} \times \text{طول الشريط الاسمي الثاني}}{\text{طول الشريط الحقيقي الأول} \times \text{طول الشريط الحقيقي الثاني}} \quad (٣)$$

$$\frac{٣١٢٠٠}{\text{المساحة الحقيقية}} = \frac{٢٠ \times ٣٠}{١٩,٤٠ \times ٢٩,٤٠}$$

$$\text{المساحة الحقيقية} = \frac{٣١٢٠٠ \times ١٩,٤٠ \times ٢٩,٤٠}{٢٠ \times ٣٠}$$

$$\text{المساحة الحقيقية} = ٢٩٦٥٨,٧٢ \text{ م}^{٢}$$

ثانياً : الخطأ الناتج عن القياس على أرض منتظمة الانحدار :

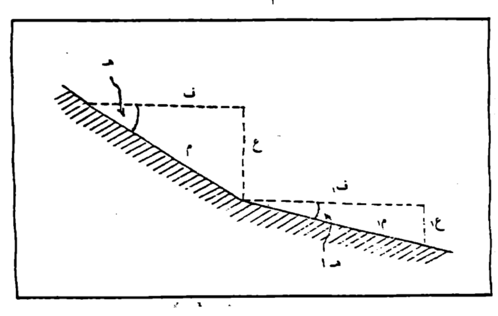
عند القياس على أرض منحدرة تقاس في العادة المسافة المائلة (م) وتحسب المسافة الأفقية (ف) حسب الحالات الآتية:

١- بقياس البعد الرأسي بين طرفي الخط المائل المقاس :

شكل (٢٠). $ع_١$ = البعد الرأسي بين طرفي الخط المائل ، ويقاس غالباً بواسطة الميزانية ، ف = المسافة الأفقية ، $م^{٢} = ع^{٢} + (م - ح)^{٢}$.

ح = التصحيح الواجب طرحه من المسافة المائلة للحصول على المسافة الأفقية.

$$\therefore ح = م - \left(م - \frac{ع^{٢}}{٢م} - \frac{ع^{٤}}{٨م^{٣}} \right)$$



شكل رقم (٢٠)

$$ح = \frac{ع^{٢}}{٢م} + \frac{ع^{٤}}{٨م^{٣}} \qquad (٤)$$

ويكفى استعمال الحد الأول من المعادلة عندما تكون الدقة الكبيرة فى العمل غير مطلوبة وجدول (١) يبين الحدود المسموح بها فى أنواع العمل المختلفة:

جدول (١)

نوع العمل	حتى ميل $\frac{ع}{م}$	الخطأ النسبي بين معادلة (٥) وطريقة فيثاغورث
القياس بالجنزير	١ : ٤	١ : ٢,٠٠٠
أعمال التراڤرس	١ : ١٠	١ : ٨٠,٠٠٠
القياسات الدقيقة	١ : ٢٠	١ : ١,٠٠٠,٠٠٠

٢- بمعرفة درجة انحدار الأرض:

ودرجة الانحدار هى النسبة بين البعد الرأسى والمسافة الأفقية، فإذا فرضنا أن درجة الانحدار = ١ : ب (١ رأسى: ن أفقى) فإن التصحيح للمسافة المائلة للحصول على المسافة الأفقية يكون :

$$ح = \frac{م}{٢ ن^{٢}} \qquad (٥)$$

ويطبق هذا القانون فى الحدود التالية فى جدول (٢):

جدول (٢)

أعمال القياس بالجنزير	ن	لا تقل عن ٥
أعمال التراڤرس	ن	لا تقل عن ١٢
القياسات الدقيقة	ن	لا تقل عن ٢٠

٣- بقياس زاوية ميل الأرض بين الأفقي وسطح الأرض:

الزاوية المعلومة هى (هـ) شكل (٢٠) وتقاس بأحد أجهزة قياس الميل مثل الكلينومتر أو الاكليمتر.

المسافة الأفقية ف = م جتا هـ ولكن يمكن اتباع طريقة تؤدى الغرض فى حدود الدقة المطلوبة. م = ف قا هـ .

$$ح = ف قا هـ - ف = ف \left(١ + \frac{١}{٢} هـ^{٢} + \frac{٥ هـ^{٤}}{٢٤}\right) - ف$$

حيث هـ بالتقدير الدائرى . فإذا حولنا هـ بالدرجات واعتبرنا م = ف

$$ح = ٠,٠٠٠١٥٣ م هـ^{٢}$$
$$= ٠,٠٠٠١٥ م هـ^{٢} \text{ تقريباً}$$

حيث هـ = زاوية الميل بالدرجات

وقد استنبط هذه المعادلة و.ج. كامبل بايرلندا ، وهى تعطى نتائج كافية جداً من ناحية الدقة فى الحدود التالية فى جدول (٣).

جدول (٢)

في القياسات الدقيقة	حتى ٣°
في قياسات الترافرس	حتى ٧°
في القياس بالجنزير	حتى ١٢°

مثال:

م = ٢٠ م ، هـ تساوى ١٠° ومرة أخرى تساوى ١٥° ومرة ثالثة ٢٠°. أوجد ف بالطريقتين المضبوطة والتقريبية فى الحالات الثلاث:

م = ٢٠ ، هـ = ١٠°	ف	= ١٩,٧٠٠ متراً	(بالطريقة المضبوطة)
		= ١٩,٦٩٦	(بالطريقة التقريبية)
	الفرق	= ٤ مم	

م = ٢٠ ، هـ = ١٥°	ف	= ١٩,٣٢٥ متراً	(بالطريقة المضبوطة)
		= ١٩,٣١٧	(بالطريقة التقريبية)
	الفرق	= ٧ مم	
م = ٢٠ ، هـ = ٣٠°	ف	= ١٧,٣٢٠ متراً	(بالطريقة المضبوطة)
		= ١٧,٣٠٠	(بالطريقة التقريبية)
	الفرق	= ٢٠ مم	

ويمكن للطالب أو المهندس أن يفرض مسافات وميول أخرى ويوجد الفرق فى الحالات المختلفة حتى يشعر بالناحية العملية ومدى المسموح به.

ثالثاً: ترخيم الجنزير أو الشريط: (Sag)

عند معايرة الشريط يكون عادة مفروداً فوق سطح مستوى ولكن عند استعمال الشريط فى القياس قد يستدعي الأمر فى بعض الأحيان أن يكون الشريط محملاً من طرفيه وعلى هذا فإنه لا يكون مستقيماً كما كان فى حالة المعايرة بل يأخذ شكل قوس طوله هو طول الشريط (ل) أما المسافة الأفقية (ف) المطلوب إيجادها فهى المسافة بين نقطتي التعليق. والعلاقة التى تربط بين (ل) ، (ف) هي:

$$ف = ل - \frac{٨ ت^{٢}}{٣ ل} - \frac{٣٢ ت^{٤}}{١٥ ل^{٣}} - ..$$

حيث ت = مقدار الترخيم الحادث فى متصف الشريط

وبذا يمكن حساب الخطأ الناتج من الترخيم من المعادلة:

$$ح = ل - ف = \frac{٨ ت^{٢}}{٣ ل} + \frac{٣٢ ت^{٤}}{١٥ ل^{٣}} \qquad (٧)$$

الحد الثانى فى الطرف الأيسر غالباً صغير جداً ويمكن إهماله.

مثال ١:

قيست مسافة بجنزير طوله ٢٠ متراً وكان الانحناء فى كل جنزير ٤٠ سم عند المنتصف.

ما طول الخط الحقيقى إذا كان نتيجة القياس ٣٠٠ مترا؟

الحل:

$$\text{الخطأ فى الجنزير الواحد} = \frac{٨ \times (٤٠)^{٢}}{٣ \times ٢٠٠٠} = ٢٫١٣ \text{ سم}$$

$$\text{طول الخط} = \frac{٣٠٠}{٢٠} = ١٥ \text{ جنزير}$$

الخطأ فى ١٥ جنزير = ١٥ x ٢٫١٣ = ٣٢ سم

المسافة الأفقية الصحيحة = ٣٠٠ - ٠٫٣٢ = ٢٩٩٫٦٨ م.

مثال ٢:

ما المسافة الأفقية بين طرفى سلك طوله ٥٠٠ مترا إذا كان الانحناء عند المنتصف ٢٥ متراً باستعمال الحد الأول من المعادلة ثم باستعمال الحدين من هذه المعادلة.

الحل:

$$ح = \frac{٨ ت^{٢}}{٣ ل} + \frac{٣٢ ت^{٤}}{١٥ ل^{٣}}$$

$$= \frac{\text{٨ } (٢٥)^{٢}}{٣ \times ٥٠٠} + \frac{٣٢ \times (٢٥)^{٤}}{١٥ \times (٥٠٠)^{٣}} = ٣,٣٣٣ + ٠,٠٠٦٧ = ٣,٤٠٠$$

المسافة الأفقية = ٥٠٠ - ٣٫٤٠٠ = ٤٩٦٫٦٠٠ م.

وبذا نرى أنه فى حدود ما نقابله فى حياتنا من الأعمال المساحية العادية يمكن إهمال الحد الثانى من المعادلة.

رابعاً - الخطأ فى التوجيه:

ينتج عنه القياس فى خط منكسر بدلاً من الخط المستقيم ، وبذلك نحصل على طول أكبر من الحقيقة ولا يجوز الانحراف أكثر من بضعة سنتيمترات، لتلافى ذلك نستعمل إحدى آلات التوجيه البسيطة بدلاً من الاكتفاء بالتوجيه بالعين المجردة. ويمكن تصحيح الخطأ بالمعادلة $\frac{ع^{٢}}{٢ م}$ حيث (ع) هنا تساوى مقدار الانحراف من الاتجاه الصحيح ، (م) الطول المقاس.

مثال:

قيس خط وكان به خطأ فى التوجيه قدره ٠٫٥ سنتيمتراً ، ما الطول الحقيقى للخط إذا كان الطول المقاس = ٢٥ متراً.

احسب أيضاً الطول الحقيقى إذا كانت المسافة ١٠٠ مترا والخطأ متر واحد.

الحل:

$$\frac{ع^{٢}}{٢ م} = \frac{(٠,٥)^{٢}}{٢ \times ٢٥} = ٠,٠٠٥ \text{ متراً}$$

الطول الحقيقى للخط = ٢٥ - ٠٫٠٠٥ = ٢٤٫٩٩٥ متراً.

ويمكن للطالب أن يأخذ مقادير مختلفة من الخطأ فى التوجيه ويحسبها بنفسه حتى يمكنه تقدير النتيجة من الخطأ.

خامساً - الخطأ الناشئ من اختلاف درجة الحرارة عند القياس عن المعايرة:

وينتج عن هذا خطأ قد يكون بالزيادة أو النقص تبعاً للمعادلة.

$$ح = \alpha \quad ف \ (د_1 - د) \qquad (8)$$

حيث :

$د_1$ = درجة الحرارة أثناء القياس .

د = درجة حرارة الشريط عند معايرته.

α = معامل تمدد الشريط وهو يساوى 12×10^{-6} لكل درجة مئوية للشريط الصلب.

ولتقدير تأثير اختلاف درجة الحرارة فإن التصحيح اللازم نتيجة لاختلاف درجة الحرارة بمقدار ١٠ درجات مئوية لمسافة قدرها ٢٠٠ متر يساوى ٤ر٢ سم .

ولحساب التصحيح (ح) يتعين قياس درجة الحرارة أثناء القياس ـ إلا أنه يصعب عادة تعيين درجة حرارة الشريط نفسه، ويكتفى عادة بقياس درجة حرارة الجو. وتستعمل أشرطة من الأنفار فى القياسات التى تحتاج إلى دقة عالة حيث أن معامل تمدد الأنفار أقل كثيراً من معامل تمدد الصلب .

كذلك تجرى القياسات فى الظل أو ليلاً .

مثال ١.

قيس خط أ ب جـ د هـ على أجزاء كما هو مبين فى جدول (٤). أوجد الطول الحقيقى للخط إذا علم أن الطول الاسمى للشريط هو ١٠٠ قدم والطول الحقيقى ١٨ ٠ر١٠٠ قدم ، ودرجة حرارة المعايرة ٦٨° ف.

جدول (٤)

جزء الخط	الطول	درجة الحرارة	فرق إرتفاع طرفي الخط	تصحيح الميل
	قدم	ف°	قدم	
أ ب	١٠٠	٧٢	٢,٠	$\frac{٤,٠}{٢٠٠}$ = ٠,٠٢٠
ب جـ	١٠٠	٧٥	٢,٥	$\frac{٦,٢٥}{٢٠٠}$ = ٠,٠٣١
جـ د	١٠٠	٨٠	٠,٨	$\frac{٠,٦٤}{٢٠٠}$ = ٠,٠٠٣
د هـ	٥٢,٧١	٨٠	صفر	صفر
	٣٥٢,٧١	٧٦ متوسط - ٦٨ ٨		= ٠,٠٥٤

α = ٦٤٥ X ١٠ $^{-٨}$ لكل درجة ف .

ملحوظة :

من الناحية العملية فإن التصحيح لدرجة الحرارة لا يؤخذ كل جزء على حدة وإنما يؤخذ متوسط درجة الحرارة على طول الخط ولا يؤخذ كل جزء على حدة إلا إذا كانت فروقات درجات الحرارة كبيرة.

تصحيح خطأ الشريط = ٣٫٥٣ X ١٨٠.و. =+ ٠٦٤.ر.

تصحيح درجة الحرارة = ٣٥٢٫٨٧١ X ٦٤٥٠٠٠٠٠.ر. X (٧٦ - ٦٨)

= + ٠,٠١٨

تصحيح الميل = - ٥٤٠و٠

التصحيح الكلي = + ٢٨٠ر٠

الطول الصحيح = ٣٥٢٫٧١ + ٢٨٠ر٠ = ٣٥٢٫٧٤ قدم

أمثلة

مثال ١:

قيس خط بين نقطتين على مستوى إنحداره ١:٤ فوجد أن طوله ١١٢,٢٥ متراً . وبعد إتمام القياس اختبر الجنزير فوجد أن طوله ينقص بمقدار ٥٥و٠ من العقلة. ما هو الطول الذى يعين به هذا الخط على خريطة مرسومة بمقياس رسم ١:٥٠٠.

الحل:

مقدار الخطأ = ٥٥ر٠ x ٢٠ = ١١ سم

طول الجنزير الحقيقى = ٢٠٠ - ١١ر٠ = ١٩٫٨٩ متراً

طول الخط الحقيقى على المائل = $\frac{١٩,٨٩}{٢٠}$ × ١١٢,٢٥ = ١١١,٦٣ م

الطول الأفقى للخط على الخريطة

= ١١١,٦٣ (١ - $\frac{١}{٢ × ١٦}$) × $\frac{١}{٥٠٠}$ = ٢١,٦٣٤ سم

مثال ٢:

قيست مسافة بجنزير فوجد أن طولها ٠٤ر١ كم ثم اتضح بعد ذلك أن الجنزير الذى استعمل فى القياس غير مضبوط فأعيد قياسها بجنزير آخر مضبوط ووجد أن طولها الصحيح ٣٨٨٥ر١ كم . ما مقدار الخطأ فى الجنزير المستعمل وهل هذا الخطأ بالزائد أم بالناقص.

الحل:

الخطأ فى طول المسافة = ١٫٤٠٠٠ - ١٫٣٨٨٥ = ٠٫٠١١٥ كيلومتر

= ١١٫٥ متر

عدد الجنازير فى المسافة = $\frac{١٤٠٠}{٢٠}$ = ٧٠ جنزيراً

الخطأ فى طول الجنزير = $\frac{١١,٥٠}{٧٠}$ = ٠٫١٦٥ متراً

الطول الحقيقى للجنزير المستعمل أولاً = ٢٠٫٠٠٠ - ٠٫١٦٥ = ١٩٫٨٣٥ متراً وبذلك الجنزير أقصر من الطول الاسمى له.

مثال٣:

قيست قطعة أرض بجنزير ينقص ١٢سم فكانت مساحتها ٨ س ٢٠ ط ٤ ف أوجد المساحة الحقيقة لهذه القطعة بالأمتار المربعة الصحيحة.

الحل:

المساحة بالأمتار المربعة

= ٤ x ٤٢٠٠٫٨٣ +٢٠ x ١٧٥ + ٨ x ٧٫٣ = ٢٠٣٥٩,٧٢٠ م^{٢}

المساحة الصحيحة = ٢٠٣٥٩,٧٢ $\frac{(١٩,٨٨)^{٢}}{(٢٠)^{٢}}$ = ٢٠١١٦,٦ م^{٢}

مثال ٤ :

أثناء القياس على أرض منحدرة كان الشريط العلوى أعلا من طرف الشريط السفلى بمقدار ٢٫٦ متر فى الشريط الأول ، ٢٫٤ متراً فى الشريط الثانى وفى الشريط الثالث كان القياس على المنحدر مباشرة وكان ميل الأرض ٤٢' ٤°. ما طول المسافة بين النقطتين إذا علم أنه فى كل من الشريط الأول والثانى كان هناك

ترخيم فى وسط الشريط قدره ١٢ سم . احسب المسافة إلى أقرب ملليمتر من هذه المعلومات بدون استعمكال نظرية فيثاغورث أو الجداول الرياضية.

الحل:

$$\text{المسافة الأفقية فى الشريط الأول} = ٢٠ - \left(\frac{٢,٦^{٢}}{٢ \times ٢٠} + \frac{٢,٦^{٤}}{٨ \times ٢٠^{٣}} \right)$$

$$= ٢٠ - (٠,١٦٩ + ٠,٠٠٠٧)$$

$$= ١٩.٨٣١ \text{ متراً}$$

ويلاحظ هنا أن الحد الثانى يمكن إهماله بحسابه ذهنياً

$$\text{المسافة الأفقية فى الشريط الثانى} = ٢٠ - \left(\frac{٤,٢^{٢}}{٢ \times ٢٠} + \frac{٤,٢^{٤}}{٨ \times ٢٠^{٣}} \right)$$

$$= ٢٠ - (٠,٤٤١ + ٠,٠٠٢)$$

$$= ١٩,٥٥٩$$

والحد الثانى يمكن إهماله إلا إذا كانت المسافة بين الطرفين كبيرة تماماً .

السمافة الأفقية فى الشريط الثالث = ٢٠ − ٠ر٠٠٠٠١٥ X ٢٠ X (٤ر٧°)

= ٢٠ − ٠ر٠٦٦ = ١٩ر٩٣٤ م

تأثير الترخيم فى كل من الشريط الأول والثانى :

$$= \frac{٨ ت^{٢}}{٣ ل} + \frac{٣٢ ت^{٤}}{١٥ ل^{٣}}$$

$$= \frac{٨ \times ١٢^{٢}}{٣ \times ٢٠٠} = ١٩,٠ \text{ سم} = ٠,٠٠٢ \text{ م}$$

(أهمل الحد الثانى لصفر الترخي).

طول الشريط الأول والثانى الأفقيين = ١٩٫٨٣١ - ٠٫٠٠٢ = ١٩٫٨٢٩ م

= ١٩٫٥٥٩ - ٠٫٠٠٢ = ١٩٫٥٥٧ م

المسافة الأفقيه لأقرب ملليمتر = ١٩٫٨٣٠ + ١٩٫٥٥٧ + ١٩٫٩٣٤

= ٥٩٫٣٢١ م

العمليات المساحية البسيطة

تشمل هذه العمليات طرق إسقاط وإقامة الأعمدة ، وبعض التطبيقات التى يستعمل فيها أدوات القياس الطولية فقط، والأعمدة تقام أو تسقط على الخطوط إما بواسطة الشريط والجنزير أو بواسطة الأجهزة .

أولاً : الاعمدة بواسطة الشريط والجنزير :

١- إسقاط الأعمدة:

أ- فى حالة إمكان الوصول إلى النقطة:

١- طريقة أقصر بعد. نضع صفر الشريط على النقطة جـ المطلوب إسقاط العمود منها على خط الجنزير ب هـ شكل (٢١) ونحرك الشريط على الجنزير حتى نحصل على أقل قراءة بين النقطة وخط الجنزير ، فتكون أقل قراءة هى أقصر بعد بين النقطة والجنزير أى العمود المطلوب .

٢- نضع صفر الشريط على جـ ويجزء من الشريط ، جـ كمركز نقطع الجنزير فى نقطتين مناسبتين مثل ب ، هـ . ننصف ب هـ فى د فيكون جـ د هو العمود المطلوب.

ب - فى حالة عدم إمكان الوصول للنقطة:

١- نفرض أن جـ هى النقطة التى لا يمكن الوصول إليها ، والمطلوب إسقاط العمود منها على أ ب . نبين د على الجنزير والتى تمثل مسقط جـ بالتقريب ثم نقيم منها عموداً بإحدى الطرق التى ستشرح فيما بعد فإذا مر العمود بنقطة جـ كان د ١ جـ هو العمود المطلوب، وإلا يكرر العمل من نقطة أخرى وهكذا حتى نصل إلى وضع مثل د يمر العمود منه بنقطة جـ ، فتكون د هى مسقط العمود.

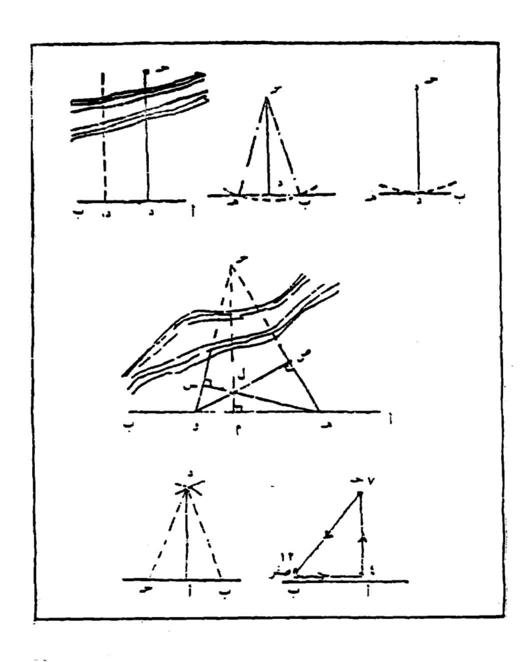
٢- نختار نقطتين مثل هـ ، و على خط الجنزير بحيث يكن رؤية جـ من كل منهما . نسقط من هـ عمود هـ س على الاتجاه و جـ ، وكذلك العمود و ص من و على الاتجاه هـ جـ . نشد شريطاً فى كل من اتجاهى العمودين فى مكان تقاطعهما تقريباً فتتعين ب نقطة التقاطع . نتحرك على الجنزير أ ب حتى نصل إلى وضع م يكون فيه جـ ، ل على استقامة واحدة فيكن جـ م هو العمود المطلوب لأن م هى ملتقى الأعمدة الساقطة من رؤوس المثلث . إذا وقعت س أو ص داخل العائق فيمكن تغيير موقع كل من هـ ، و .

٢- إقامة الأعمدة:

١- طريقة مثلث ٣ : ٤ : ٥

المثلث الذى أضلاعه بهذه النسبة قائم الزاوية. يراد إقامة عمود على خط الجنزير من نقطة أ . توضع علامة (٤ متر) على اتجاه الجنزير حتى ينطبق (صفر - متر) على ب مثلاً . نفك الشريط حتى علامة (١٢ متر) ونثبت هذه العلامة عند (صفر - متر) ، وبشوكة عند (٧ متر) نشد الشريط فتتعين جـ ، ويكون جـ أ هو العمود المطلوب.

وهناك نسب أخرى تكون مثلثا قائم الزاوية أشهرها ٥ : ١٢ : ١٣.



شكل رقم (٢١)

وعلى العموم يمكن عمل أى مثلث قائم إذا كانت نسبة الأضلاع كما يلى:

(٢ ق + ١) : ٢ ق (ق + ١) : ٢ ق (ق + ١) + ١	(٩)

٢- طريقة المثلث المتساوى الساقين:

نأخذ أى بعدين متساويين ومناسبين على جانبى أ فى اتجاه الجنزير وليكن البعدين أ ب ، أ جـ . تركز فى كل من ب ، جـ وبنصفى قطرين متساويين نرسم قوسين يتقاطعان فى د . نصل د أ فيكون هو العمود المطلوب شكل (٢١) .

ثانياً : الأعمدة بواسطة الأجهزة:

الأجهزة المستعملة فى إقامة وإسقاط الأعمدة عبارة عن آلات من النوع البسيط رخيصة الثمن ويسهل حملها ولا تحتاج إلى ضبط وسريعة العمل بها وقد انتشر استعمالها على نطاق واسع فى كل بلدان العالم تقريباً . وهذه هى:

أ- المثلث المساح (Cross Staff)

ب - المنشور المرئى(Prismatic Square)

١- المثلث المساح: (The Cross Staff)

عبارة عن جهاز صغير يستعمل لإقامة الأعمدة وتوجيه الخطوط وعمل القطاعات ، إلا أنه ليس من الآلات الدقيقة التى يمكن الاعتماد عليها إذا أريد توقيع الأعمدة على درجة كبيرة من الدقة.

وأهم أنواع المثلث السماح هى:

١- النوع البسيط أو الرأس المكشوفة: (Open Head)

يتركب من ساقين معدنيتين طرفا كل منهما يلتويان إلى أعلى على شكل زاوية قائمة شكل (٢٢) وفى وسط كل قائم شرخ رأسى ضيق يستعمل للرصد بحيث أن الخط الواصل بين كل شرخين متقابلين يمر بمركز الجهاز وعبارة عن خط نظر له ، وبذلك يكون خطا النظر متعامدين.

٢- الرأس الاسطوانية:

وهو عبارة عن أسطوانة مجوفة قائمة مقفلة من النحاس قطرها ٦ سم تقريباً وطولها ٧ أو ٨ سم ، في جدارها الجانبي أربعة شروخ رأسية ضيقة في اتجاهين متعامدين كما في النوع الأول. يضاف في بعض الأجهزة أربعة شروخ أخري لتوقيع زوايا ٤٥°، وهذه الشروخ أقصر قليلاً لتمييزها.

٣- الرأس المثمنة :(Octagonal Head)

وهو أحدث أنواع المثلث المساح. عبارة عن منشور ثماني منتظم مجوف قطر ٧ سم وارتفاعه ٩ سم تقريباً . في كل من أربعة أوجه من جداره الجانبي شرخ رأسي ضيق يتصل بفتحة مستطيلة تسمى شباك بوسطها شعرة رأسية ، وكل شرخ يقابل شباك الوجه المقابل أما الأربعة وجوه الأخرى ففي كل منها شرخ رأسي فقط. وهذه الأوجه لتعيين زوايا ٤٥° ونظام الشرخ والشباك يساعد على رؤية الشواخص بسهولة لاتساع مجال الرؤية.

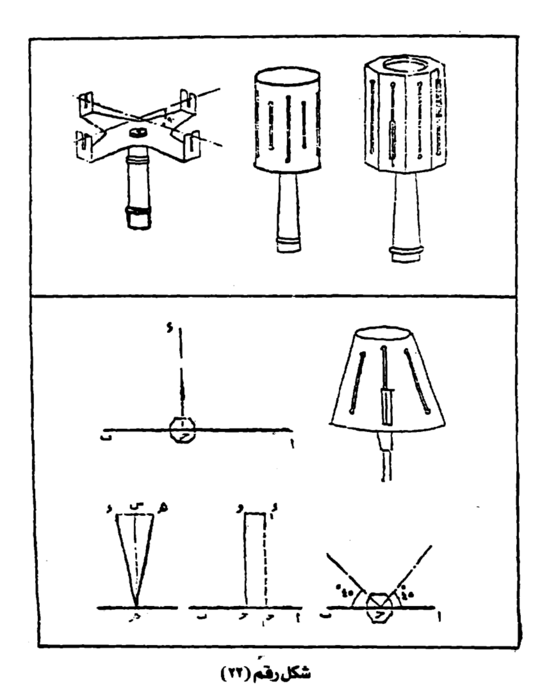
٤- الرأس المخروطي :(Conical Head)

وهو على شكل المخروط الناقص قاعدته الصغرى إلى أعلا وفي جوانبه شروخ وفتحات كما في الرأس المثمنة تماماً شكل (٢١) وهو يمتاز على الأنواع السابقة بأنه عند الاستعمال يمكن توجيه خط النظر إلى أسفل أي إلى كعب الشاخص أو الشوكة.

والمثلث المساح يثبت على حامل ذئ شعبة واحدة أو على حامل ذي ثلاث شعب ، وفي الحالة الأخيرة يستعمل ثقل الشاغول لعملية التسامت فوق النقطة في الطبيعة. ويزود بعض أنواع المثلث المساح ببوصلة المثلث المساح ينتهي بقاعدة عبارة عن مخروط معدني مجوف يسمح بدوران المثلث حول محوره الرأسي على الحامل، ويثبت الجهاز على الحامل بواسطة القاعدة.

استعمال المثلث المساح:

يستعمل في إقامة وإسقاط الأعمدة خصوصاً الأعمدة الطويلة التي لا يمكن الاعتماد فيها على النظر.



شكل رقم (٢٢)

١- تعيين الاتجاهات:

لوضع نقطة على اتجاه أ ب مثلاً ، نثبت شاخصاً فى أ والجهاز فوق ب . ونوجه شخص بشوك معه على هذا التجاه من الجهاز.

٢- إقامة الأعمدة:

يثبت الجهاز فوق النقطة المعلومة جـ على خط الجنزير شكل (٢٢) . تدير الجهاز حول محوره الرأسي حتى نرصد أ و ب ، وذلك بأن ننظر من أحد الشرخين على الشعرة المقابلة. نلف حول الجهاز بدون تحريكه وننظر من الناحية الأخرى فيجب أن نرى الشاخص في أ ، وذلك للتحقق من وجود جـ فعلاً على الخط. ننظر من أحد الشرخين في الاتجاه المتعامد مع اتجاه أ ب ، ونحرك شاخصاً في الجهة المراد إقامة العمود فيها حتى نرصده في د مثلاً ، يكون جـ د هو العمود المطلوب.

٣- إسقاط الأعمدة:

في شكل (٢٢) يراد إسقاط العمود من د . نفرض أن جـ١ هي المسقط التقريبي لنقطة د على الخط. نقف في جـ١ ونقيم العمود جـ١د١ بالطريقة السابقة . نقيس دد١ ونأخذ جـ جـ١ = دد١. ننتقل إلى جـ ونقيم منها عموداً فلا بد أن يمر بالنقطة د وإلا فنكرر العملية حتى يستوفي هذا الشرط ويكون جـ د هو العمود المطلوب. يمكن إسقاط العمود كما في الطريقة السابقة ولكن لا نأخذ جـ جـ١ = د د١ وإنما ننتقل على خط الجنزير ونقيم العمود حتى يمر بالنقطة د ، ويتم ذلك بالمحاولة.

٤- تعيين الزوايا ٤٥° :

في شكل (٢٢) نتبع ما سبق في إقامة الأعمدة إلا أننا نستعمل الشروخ الجانبية بدلاً من الفتحات والشروخ الأصلية.

عيوب المثلث المساح:

١- لا يمكن ضبطه ، ولكن اكتشاف أي خطأ قد يكون موجوداً به في تعامد خطي النظر ، وللحصول على زاوية قائمة صحيحة ، لو وجد هذا العيب ، فإننا نقيم أولاً العمود جـ هـ . يدار الجهاز ٩٠° ويقام عمود آخر مثل جـ د ، فإذا انطبق جـ د ، جـ هـ كان الجاز سليماً وإلا ينصف هـ د في س ويكون جـ س هو العمود الصحيح.

٢- لا يمكن جعله أفقياً تماماً فالزاوية التي تقاس به ليس من المؤكد أن تكون في المستوى الأفقي.

٣- المسافة بين كل شرخين متقابلين صغيرة فلا تساعد على تحديد الاتجاه بدقة.

ب - المنشور المرئى : (The Prismatic Square)

المنشور المرئى أسرع وأحسن الأجهزة الصغيرة فى إقامة الأعمدة وهو عبارة عن جهاز صغير الحجم خفيف الوزن لا يحتاج إلى تحقيق بعد صناعته ، وبذا لا يضيع الوقت فى ضبطه قبل العمل . والمنشور على أشكال مختلفة وإن كانت جميعها تتفق فى النظرية والغرض.

نظرية الجهاز:

إذا سقط شعاع من هدف أو شاخص (س) مثلاً على مرآتين بينهما زاوية أو على منشور ، وانعكس مرتين داخله فإن الزاوية بين الشعاع الساقط والشعاع المنعكس منه تساوى ضعف الزاوية بين الوجهين الساقط عليه الشعاع الأول والمنعكس منه الشعاع الأخير. فإذا جعلنا الزاوية بين هذين الوجهين ٤٥° فإن الزاوية بين الشعاعين تساوى زاوية قائمة . شكل (٢٣):

الزاوية (١) = ١٨٠° - ٢ ب ، والزاوية (٢) = ١٨٠° - ٢ و

الزاوية هـ = ١٨٠° - (٨٠° - ٢ ب) - (١٨٠° - ٢ و)

= ٢ (ب + و) - ١٨٠°

ولكن ب + و = ١٣٥

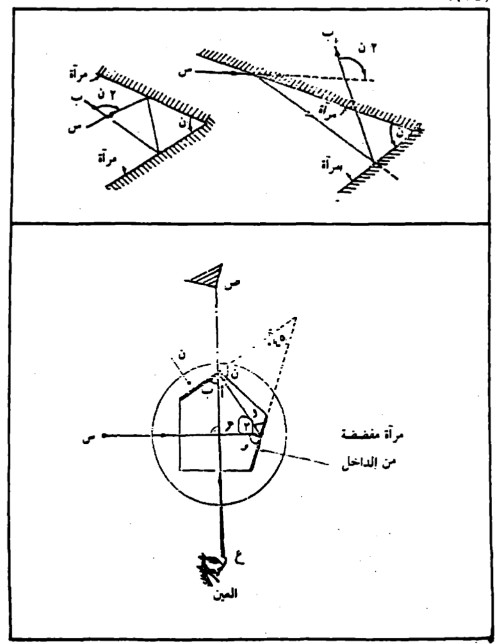
∴ الزاوية هـ = ٢ x ١٣٥° - ١٨٠° = ٩٠°

المنشور المرئى المفرد:

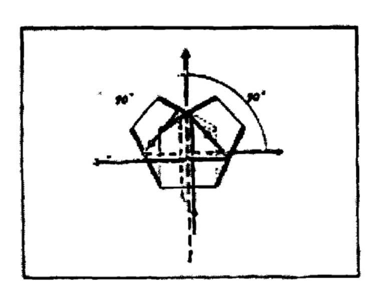
عبارة عن منشور زجاجى ذى خمسة أوجه، اثنان منها عبارة عن مرآة من السطح الداخلى والزاوية بينهما ٤٥° . والعيوب الناتجة من المصنع فى هذه الزاوية يمكن إهمالها فى الأغرض التى يستعمل فيها الجهاز. والمنشور مثبت فى قاعدة مستديرة لها قائم أو يدلى منه خيط شاغول للتسامت . والمنشور يستعمل فى الأراضى المستوية فقط.

المنشور المرئى المزدوج:

عبارة عن منشورين مفردين أحدهما فوق الآخر كما سبق فى النوع الأول وفائدته أنه يمكن إقامة الأعمدة من الجانبين فى آن واحد بالنسبة لخط السير شكل (٢٤).



شكل رقم (٢٣)



شكل رقم (٢٤)

استعمال الجهاز:

١- إقامة الأعمدة: فى شكل (٢٣) يقف الراصد بالجهاز فوق هـ المراد إقامة العمود منها على الخط (ع ص) ونستعمل خيط الشاغول للتسامت أو بواسطة قضيب معدنى. نجعل الجهاز أفقياً وننظر خلال الثقب (ق) الموجود فى القائم حتى نرى الشاخص فى ص (وهى عبارة عن ركن بناء) نحرك شاخص فى س من الناحية المراد إقامة عمود فيها حتى نرى صورته فى المرآة (ب) والناتجة من انعكاسين ، تحت صورة ص الذى نراه من خلال الثقب. وبذلك يكون س هـ عمودياً على ص ع .

٢- إسقاط عمود: بالمحاولة كما سبق.

تطبيقات على استعمال الشريط والجنزير

أولاً - عمل خط من نقطة مواز لخط آخر:

١- إذا أمكن الوصول إلى النقطة:

أ- فى شكل (٢٥) نفرض أ ب هو خط السير والنقطة المطلوب رسم مواز

منهـا هى (هـ). نسـقط العـمـود هـ جـ من هـ ونقـيس طوله. من نقطة د على بعـد مناسب من جـ نقيم العمود د ويساوى هـ جـ فيكون و هـ الموازى المطلوب.

لتحقيق العمل يحسن عمل عمود ثالث مثل ط ل ثم التأكد من أن و ، ل ، هـ على استقامة واحدة.

ب - فى شكل (٢٥) نأخذ نقطتين جـ ، د على خط الجنزير ونقيس أضلاع المثلث هـ جـ د ، نعين المثلث ل و س مثل المثلث هـ جـ د تماماً . نصل س هـ فيكون هو الموازى المطلوب. يحسن إسقاط العمودين هـ هـ١ ، س س١ ولتحقيق العمل يجب أن يكون هـ هـ١ = س س١.

جـ - شكل (٢٥) نصل هـ بأى نقطة مثل ل على خط الجنزير وننصف هـ ل فى د . نأخذ أى نقطة مثل جـ على الجنزير ونصل جـ د ونمده إلى و بحيث أن جـ د يساوى د و فيكون هـ و هو الموازى المطلوب.

٢- إذا لم يمكن الوصول إلى النقطة:

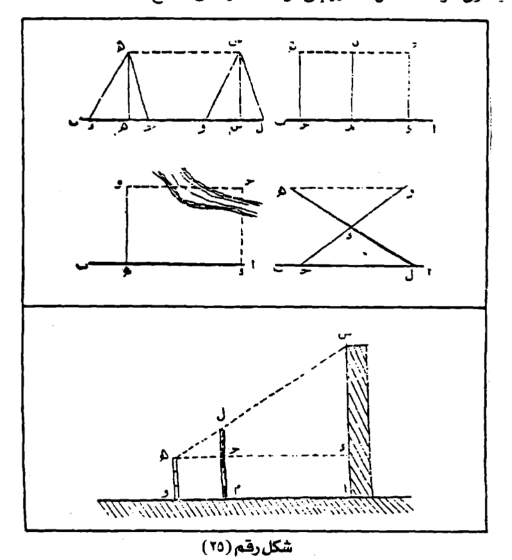
نفرض أنه يراد عمل الموازى جـ و من جـ التي لا يمكن الوصول إليها شكل (٢٥) نسقط العمود جـ د بالطريقة السابق ذكرها فى إسقاط عمود من نقطة لا يمكن الوصول إليها . نختار هـ على بعد مناسب من د ، ونقيم العمود هـ و = جـ د فيكون جـ و الموازى المطلوب . يمكن تعيين طول جـ د بإحدى طرق قياس عرض مجرى لا يمكن الدوران حوله.

ثانياً - إيجاد ارتفاع هدف:

١- عندما يمكن الوصول إلى قاعدة الهدف ولكن لا يمكن الوصول إلى قمته:

المطلوب تعيين ارتفاع المبنى أ س شكل (٢٥) . نثبت شاخص فى م على بعد مناسب ، ونحرك شاخص أقصر من الأول فى اتجاه أ م حتى نصل إلى وضع

مثل و تكون فيه هـ ، ل ، س على استقامة واحدة . نقيس المسافة و م ، م أ بالشريط . $\frac{\text{ل جـ}}{\text{س د}}$ $\frac{\text{هـ جـ}}{\text{هـ د}}$ ومنها يمكن إيجاد د س . بإضافة د أ الذى يساوى طول الشاخص القصير إلى س د نحصل على ارتفاع الهدف.



شكل رقم (٢٥)

٢- عندما لا يمكن الوصول إلى قمة أو قاعدة الهدف:

١- فى شكل (٢٦) نختار شاخصين أحدهما قصير والآخر طويل ونضعهما على استقامة واحدة من الهدف وبحيث أن قمتيهما (ق ، ل) وقمة الهدف س تكون على استقامة واحدة.

٢- نحرك الشاخصين إلى وضع آخر أبعد حتى تستوفى شرط أن $ق_١$ قمة الشاخص القصير ، $ل_١$ قمة الشاخص الطويل، س تكون على استقامة واحدة.

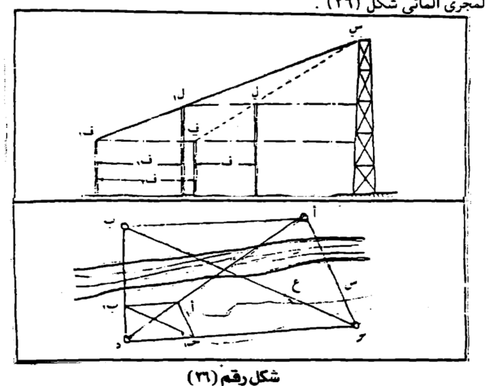
٣- نقيس المسافة بين شاخصين فى ا لوضع الأول ولتكن (ف) المسافة بين شاخصين فى الوضع الثانى ولتكن $(ف_١)$ وكذلك المسافة بين الشاخصين القصيرين فى الوضعين ولتكن $(ف_٢)$.

من تشابه المثلثات يمكن إيجاد ارتفاع الهدف من المعادلة التالية:

$$\text{ارتفاع الهدف} = \frac{\text{الفرق بين طولي الشخصين} \times (ف_٢)}{(ف_١ - ف)} + \text{طول الشاخص القصير} \quad (١٠)$$

ثالثاً - المسافة بين هدفين لا يمكن الوصول لهما:

١- نفرض أننا نريد إيجاد المسافة بين أ ، ب ولا يمكن الوصول إليهما لوجود المجرى المائى شكل (٢٦) .



شكل رقم (٢٦)

٢- نأخذ أى خط قاعدة مثل جـ د ونقيس طوله بدقة . نختار $جـ_١$ أى نقطة عليه ونرسم منها مواز للخط جـ أ الذى يعينه الشاخصان جـ ، س نعين نقطة تقاطع الموازى مع الاتجاه أ د فى $أ_١$.

٣- من $جـ_١$ نرسم موازى الخط جـ ب الذى يعينه جـ وشاخص آخر مثل ع على الاتجاه ب جـ فيقطع هذا الموازى الاتجاه ب د فى $ب_١$. الشكل $أ_١جـ$ د $ب_١$ يشابه الشكل أ جـ د ب.

$$أ\ ب = أ_١\ ب_١ \cdot \frac{جـ\ د}{جـ_١\ د}$$

مسائل

١- قيست قطعة أرض بجنزير ينقص عقلة فكانت مساحتها ٥ س ٢١ ط ٢ ف فأوجد المساحة الحقيقية لهذه القطعة بالأمتار المربعة.

٢- قطعة أرض مستطيلة الشكل مرسومة على خريطة ١ : ٢٥٠٠ طول ضلعيها ٨٠ سم ، ٦٤ سم - وكان الحد الأكبر يميل فى الطبيعة بمقدار ١٢° والحد الأصغر الفرق بين طرفيه ١٤ متراً - فما هى الأطوال الحقيقية فى الطبيعة مستعملاً الطريقة التقريبية ؟

٣- استعمل جنزير فى قياس الخط أ ب فكان طوله ١٢ طرحة ، ٤٥ عقلة ثم اتضح أن الجنزير المستعمل تنقصه عقلتان - كما أنه عند توجيه الخط أ ب اتضح أن هناك خطأ فى التوجيه قيس عند نهاية الخط فكانت الزحزحة ٦٠ سم - فما هو مقدار الخطأ فى التوجيه ؟

٤- خريطة قيس منها ضلع قطعة مربعة على الخريطة ومعلوم أن مساحتها ١٦٨ فدان فكان طول الضلع ٣٤٫٢ سنتيمتر ثم قيس الضلع المجاور له فكان ٣٤٫٠٠ سم - وكان مقياس الرسم ١ : ٢٥٠٠ وقد علم أن المهندس عند توقيع أضلاع المربع وقع الأطوال على المائل - ما هى زاوية ميل الضلع الأول والفرق بين منسوبى طرفى الضلع الثانى مستعملاً القوانين التقريبية؟.

٥- منطقة مائية فى ا لميناء مربعة الشكل ومحاطة على أضلاعها بأسلاك يتدلى منها الغام ، وكان طول كل سلك نصف كيلومتر ونتيجة لثقل الألغام حدث ترخيم فى السلك بلغ مداه فى المنتصف من كل سلك قدره ١٨ متراً . ما مساحة القطعة المحاطة بالألغام بالفدان . استعمل الحد الأول مرة ثم الحدين ولاحظ الفرق فى المساحة بين النتيجتين والفرق النسبى بالنسبة للمساحة الكلية.

٦- قطعة أرض مثلثية الشكل - قيست قاعدتها بجنزير طوله ٤٠ ر ٢٠ متراً فكانت ٦٢٤ متراً - وقيس الارتفاع على المائل فكانت ٣٢٣ متراً - بجنزير طوله ١٩,٥٠ متر - فإذا كان ميل الأرض الطبيعية فى اتجاه ارتفاع المثلث ٨٪ وإن الجنزير الاسمى فى الحالتين هو ٢٠ مترا - فأوجد المساحة الحقيقية للأرض بالهكتار.

٧- ما هى أقصي زاوية انحدار لسطح الأرض وكذلك أقصي انحدار لها يمكن معه إهماله واعتبار أن سطح الأرض أفقى بحيث لا يزيد الخطأ الناتج من ذلك عن ١ : ٤٠٠.

٨- أوجد الطول المصحح لخط قيس بشريط طوله الإسمى ١٠٠ متر وطوله عند المعايرة ٩٩,٩٩٢ متر عند درجة حرارة ١٥ °م وكان ذلك على أجزاء طولها ١٠٠ ، ١٠٠ ، ٦٨ ، ٥٢ متر وبدرجات حرارة ٣٥ ° ، ٣٨ ° ، ٤٧ °م على الترتيب وفرق ارتفاع بين طرفى كل جزء ٢,٢ ، ٣,٨ ، ١,٢ متر على الترتيب.

٩- خط طويل مكون من عدة انحدارات وكان الجزء الأول أ ب طوله على المائل ٢٨ متر وميلة ١٢' ٢٤ ° والجزء الذى يليه ب جـ وانحداره ١ : ٢٤ وطوله ٢٥٠ والجزء الذى يليه ١٥٠ متر وزاوية ميله ٣٤ ٨ °. ماهى أسرع طريقة (لكن بدون تضحية للدقة المعقولة فى سبيل السرعة) للحصول على طول هذا الخط على خريطة مرسومة بمقياس ١ : ٥٠٠ وذلك إلى أقرب رقم عشرى واحد من المليمتر . وذلك أولاً فى حالة القياس بالجنزير.

ثانياً - فى حالة القياس فى أرض زراعية لتحديد مساحتها.

ثالثاً - فى حالة القياس لخط فى شبكة من القياسات الدقيقة.

١٠- قيس خط بين نقطتين على مستوى مائل وكان الميل منتظم بمقدار ١ : ٥ لمسافة ٣٠٠ متر ، وبمقدار ١ : ٤ فى ١٠٠ م تالية. وبعد إتمام القياس وجد أن

الجنزير ينقص عن الحقيقة بمقدار نصف عقلة. ماهو الطول الذى يعين به هذا الخط على خريطة مرسومة بمقياس ١ : ٤٠٠ مع استعمال القوانين التقريبية كلما تسنى ذلك ، المقصود بالميل هنا هو النسبة بين المسافة الرأسية والمسافة المائلة.

١١- أثناء إجراء القياس بين نقطتين يفصلهما مرتفع كان فى الصعود طرف الجنزير الذى بيد القياس الخلفى أوطى من الطرف الآخر فى أول جنزير بمقدار ٤٫٠ م وفى نصف الجنزير الذى يليه متر ونصف متر ثم فى نصف الجنزير الذى يليه ٢٫٠م . وفى أثناء الهبوط كان ميل الجنزير الأول على الأفقى ٥٫٤° وفى الجنزير الذى يليه ٢٢° . ماهو الطول الذى يجب رسمه على خريطة بمقياس رسم ١ إلى ٢٥٠ ليمثل المسافة (إلى أقرب ملليمتر صحيح).

١٢- أثناء إجراء القياس بين نقطتين يفصلهما أرض مرتفعة كان فى الصعود طرف الجنزير الذى بي القياس الخلفى أوطى من الطرف الآخر بمقدار ٥٫٤ م ، وفى الجنزير التالى ٣٫٢ م. وفى الهبوط كان الفرق ١٫٦٠ م فى أول جنزير ، ١٫٨٥ م فى الجنزير التالى، وفى آخر جزء منه وهو ١١٫٢ م كان الفرق ٢٫٦ م. ما هو الطول الذى يجب أن نرقعه على الخريطة لهذا الخط إذا كان مقياس الرسم ١:١٠٠.

١٣- قطعة أرض مساحتها ٧ س ١٧ ط ٢ ف مرسومة على خريطة غير معين بها مقياس الرسم . فإذا قدرت هذه المساحة بأحد أجهزة قياس المساحات فكانت ١٨٫٢٩٦٩ س٢ فأوجد مقياس رسم الخريطة

١٤- قيست مسافة بجنزير طوله الاسمى ٢٠ متر وكان طولها ٤ جنازير بالإضافة إلى جزء أقل من جنزير كامل طوله ١٢٫٤٥ متر - وبفحص الجنزير وجد أنه ينقص عقلة بين المتر الثامن والعاشر فما هو الطول الحقيقى للمسافة.

١٥- قيس خط على المائل فكان = ٥١٠ متر ما هو أقصى فرق بين منسوبى طرفيه حتى يمكن اعتبار المسافة المائلة تساوى الأفقية بخطأ لا يتجاوز ١ : ٣٠٠ .

١٦- قاس مهندس أبعاد قطعة أرض على هيئة شبه منحرف لإيجاد مساحتها فكانت القاعدة العليا ٢٢٧٫٥ متراً والشريط المستعمل (٢٠ متراً) ينقصه ١

متر في نصفه الأول. قيست القاعدة السفلى فكانت ٤٦٨٫٠٠ متر والجنزير المستعمل (٢٠ متر) عقلاته منبعجة مما زادت في طوله بمقدار ٢٠سم أما الارتفاع فكان ٤,٤٠ متراً والجنزير المستعمل (٣٠) متراً ينقصه ٧ من عقلاته. أوجد المساحة الصحيحة بالفدان والقيراط والسهم.

١٧- قطعة أرض مربعة الشكل طول كل ضلع على المائل ٤٠٠ متر. فإذا كان انحدار أ ب ، جـ د هو ١ : ٢٧ أما انحدار كل من ب جـ ، د أ فهو ١ : ٤ ما مساحة قطعة الأرض بالمتر المربع.

١٨ - أرض مربعة الشكل حسبت مساحتها بقياس أبعادها بجنزير يزيد عن الطول القياسي بمقدار ١٠ سم ثم حسبت مساحتها مرة أخرى بقياس أبعادها بجنزير يقل عن القياسي ١٠ سم فكان الفرق بين المساحتين ٦٠ متراً مربعاً . فما هي المساحة الحقيقية لقطعة الأرض؟

١٩ - قطعة أرض مثلثة الشكل أ ب جـ قائمة الزاوية عند ب قيس الضلع أ ب فوجد عندما قيس على المنحدر = ١٢٠ متراً وزاوية ميله ٢٤ً ٩° أما الضلع ب جـ فكان طوله ٤٠٠ متراً والطرف ب أعلى من جـ بمقدار ٧٠ متراً . ماهي مساحة القطعة أولاً : إذا كانت المساحة يراد إيجادها مبدئياً والقياس بالجنزير ثانياً : إذا قيست مساحتها للبيع والشراء.



الباب الثالث

المساحة بالبوصلة المنشورية

(Prismatic Compass Surveying)

المساحة بالبوصلة المنشورية تعتبر من أنواع المساحة السريعة ولكنها ليست دقيقة ولذا لا تستعمل إلا فى الأعمال التمهيدية أو غير الدقيقة أو لتحقيق مبدئى سريع لمساحات سابقة. والعمل هنا يعتمد على إنشاء مضلعات فى المنطقة المراد رفعها تقاس أطوال أضلاعها بالجنزير أو الشريط الصلب حسب دقة العمل وتعين الزوايا بين الأضلاع بقياس انحرافات هذه الأضلاع بواسطة البوصلة المنشورية.

والبوصلة المنشورية تعتمد فى تركيبها وعملها على أنه إذا وضعت إبرة مغعناطيسية حرة الحركة وغير متأثرة بعوامل مغناطيسية فإنها تتجه دائماً ناحية الشمال المغناطيسى.

تعاريف:

زاوية ميل الإبرة :(Dip Angle)

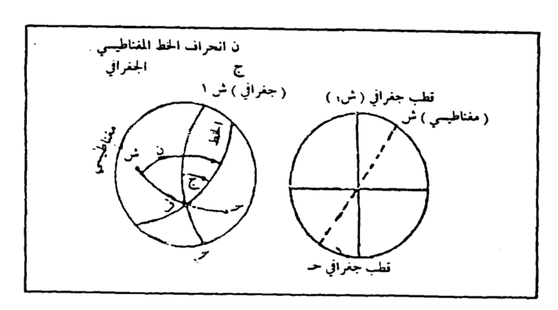
هى الزاوية الرأسية التى تميل بها الإبرة المغناطيسية ، وهى حرة الحركة ، عن المستوى الأفقى ، وفى نصف الكرة الشمالى تميل الإبرة إلى أسفل وفى نصف الكرة الجنوبى إلى أعلى، وتختلف قيمة زاوية الميل من صفر° عند خط الاستواء إلى ٩٠° تقريباً عند القطبين ، وعند المنطقة القريبة من خط عرض ٧٠° شمالاً وخط طول ٩٦°غرباً تكون زاوية الميل ٩٠° لأن هذه هى منطقة القطب الشمالى المغناطيسى.

الشمال المغناطيسى :(Magnetic Meridian)

الشمال المغناطيسى عند نقطة ما ، هو الاتجاه الذى تعينه إبرة حرة الحركة كاملة الاتزان وليست تحت أى تأثير مغناطيسي محلى . ويمكن تعريفه أيضاً بأنه أثر تقاطع المستوى المار بنقطة مثل (ف) والقطبين المغناطيسيين للكرة شكل (٢٧) وهو غير ثابت للنقطة الواحدة بل متغير من عام لآخر.

الشمال الجغرافى :(Geographical or True Meridian)

يطلق عليه أيضاً الشمال الحقيقى . والشمال الجغرافى عند نقطة ما هو الخط المار بهذه النقطة وبالقطبين الجغرافيين الأرض شكل (٢٧) ويحدد بالأرصاد الفلكية واتجاهه ثابت لأى نقطة على الكرة الأرضية.



شكل رقم (٢٧)

الانحرافات :(Bearings)

يعرف انحراف أى خط بإحدى طريقتين:

١- الانحراف الدائرى: (Circular Bearing)

الانحراف الدائرى لخط هو الزاوية المقاسة من الشمال المغناطيسى ، فى اتجاه عقرب الساعة، إلى الخط. وانحراف خط قد يأخذ أى قيمة بين صفر° ، ٣٦٠° شكل (٢٨) يمثل لنا انحراف خط فى الأربعة أرباع المختلفة من الدائرة ، ويرمز للانحراف الدائرى بالرمز (د). وإذا قلنا انحراف أ ب فمعناه انحراف الخط من أ إلى ب وإذا قلنا انحراف ب أ فمعناه انحراف الخط عند ب إلى أ وباختصار فإن اتجاه الشمال يرسم عند النقطة الأولى من تسمية الخط.

الانحراف المختصر أو الربع الدائرى :(Reduced Bearing)

هو الزاوية الحادة بين الشمال أو الجنوب المغناطيسى وبين الخط أى تكون أقل من ٩٠° ويجب أن يكمل تعريف الانحراف المختصر بذكر ربع الدائرة الواقع فيها الخط أى نذكر الزاوية الحادة ثم رمزى الربع شمالاً أو جنوبا ، وشرقاً أو غرباً، ويرمز للشمال بالحرف (ش) وللجنوب (جـ) والشرق (ق) والغرب (غـ). كل خط له انحراف دائرى يمثله انحراف مختصر ويرمز له بالرمز (م). وفكرة استعمال الانحراف المختصر هو إيجاد زاوية لها نفس النسب المثلثية للانحراف الدائرى قيمة وإشارة وإيجادها من الجدول.

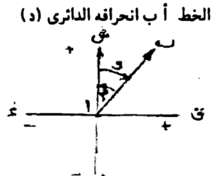
وشكل (٢٨) يبين العلاقة بين الانحراف الدائرى (د) والمختصر (م) للحالات الأربعة الممكنة لأى خط.

الانحراف الأمامى والخلفى:

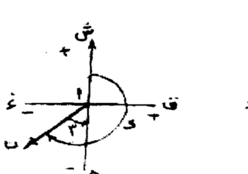
كل خط له انحرافان أمامى وخلفى فمثلاً الخط أ ب انحرافه هو (س) شكل (٢٩ - ١) ويقال إن انحراف أ ب عند أ هو الانحراف الأمامى . آما إذا قيس الانحراف عند ب وكان مقداره (ع) فإن هذه القيمة تسمى الانحراف الخلفى للخط (أى أن انحراف ب أ يعتبر انحراف خلفى للخط أ ب وبالعكس) ويجب أن يكون الفرق ين الانحراف الأمامى والخلفى لأى خط ١٨٠° دائماً ما لم تؤثر عليه مؤثرات خارجية.

ويلزم الأمر فى بعض الأحيان إلى اتجاه ثابت افتراضى تقرن إليه انحرافات بعض الخطوط ويطلق عليها الشمال الافتراضى. والانحرافات المنسوبة لهذا الشمال تسمى الانحرافات الافتراضية وبعد إتمام العمل المساحى توجد العلاقة بين اتجاه الشمال المغناطيسى أو الجغرافى من ناحية الشمال الافتراضى.

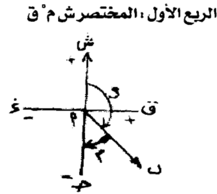
الخط أ ب انحرافه الدائرى (د)



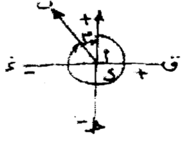
الربع الأول : المختصر ش م° ق



الربع الثالث ، المختصر جـ م° غـ



الربع الثاني : المختصر جـ م° ق



الربع الرابع : المختصر ش م° غـ

شكل رقم (٢٨)

زاوية الاختلاف:

وهى الزاوية بين الشمال المغناطيسى والشمال الجغرافى فى تاريخ معين وتكون شرقاً إذا كان الشمال المغناطيسى شرق الشمال الجغرافى وغرباً إذا كان الشمال المغناطيسى غرب الشمال الجغرافى . وإذا فرض أن الخط أ جـ انحرافه الجغرافى (جـ) وانحرافه المغناطيسى (ن) وزاوية الاختلاف (ت) ، وتكون إشارة (ت) سالبة إذا كان الاختلاف غرباً وموجباً إذا كان شرقاً . والمعادلة التالية تبين العلاقة بين الانحرافين شكل (٢٩-٢) .

الانحراف الجغرافي = الانحراف المغناطيسي ± زاوية الاختلاف (١١)

تغيرات الشمال المغناطيسى:

أهم تغيرات الشمال المغناطيسى هي:

أ- التغير القرنى :(Secular Variation)

وهو عبارة عن التغير فى زاوية الاختلاف المغناطيسى فى المدى الطويل وتعتبر أكثر التغيرات أهمية نظراً لقيمته وهى تزيد أو تنقص باستمرار فى اتجاه واحد من سنة إلى أخرى بمعدلات متغيرة يمكن تحديد قيمتها المتوسطة بمقدار ٨ دقائق سنوية تقريباً بالرغم من بطء هذه التغيرات وقلتها فإنها تسبب تغييراً محسوساً فى اتجاه الشمال المغناطيسى لمكان ما.

ب - التغير اليومى: (Diurnal Variation)

تغيرات تصل إلى بضع دقائق فى أثناء اليوم ، فحوالى الساعة ٨ صباحاً تصل الإبرة إلى أقصى انحراف لها نحو الشرق عن اتجاهها المتوسط ثم تبدأ فى التناقص إلى الغرب حتى تصل إلى أقصى انحراف لها حوالى الساعة الواحدة مساء وينطبق اتجاه الإبرة على الاتجاه المتوسط للشمال حوالى الساعة ١٠ صباحاً ويتكرر هذا التغير أيضاً حوالى الساعة ٧ مساء.

جـ التغيرات غير المنتظمة:(Irregular Variation)

وهذه نتيجة للزوابع المغناطيسية والزلازل والبراكين وقد تصل إلى درجة أو درجتين فى بعض الأحيان.

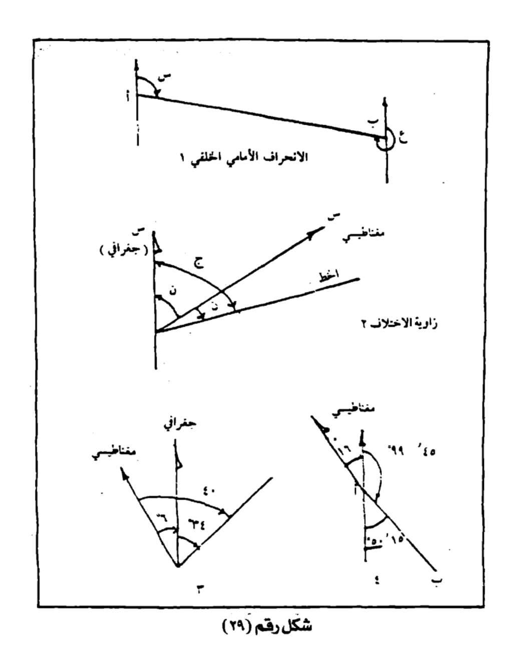
مثال ١:

انحراف خط أ ب المغناطيسى هو ٤٠° وزاوية الاختلاف تساوى ٦° غرباً - عين الانحراف الجغرافى له.

الحل:

الانحراف الجغرافى = ٤٠° - ٦° = ٣٤°.

ويمكن الاستعانة بالرسم فى استنتاج الانحراف الجغرافى فى شكل (٢٩ - ٣).



شكل رقم (٢٩)

مثال ٢ :

رصد الانحراف المغناطيسى لخط أ ب سنة ١٨٦٠ فكان ١٥' ٨٠° جـ ق وزاوية الاختلاف حينئذ = ١٦° شرقاً . فإذا كان معدل التغير فى زاوية الاختلاف ١٢ دقيقة غرباً فما الانحراف المغناطيسى للخط سنة ١٩٧٦ وما الانحراف الجغرافى له.

الحل:

في شكل (٢٩ - ٤) الانحراف الدائري	= ٤٥´ ٩٩°
مقدار التغير في زاوية الاختلاف في المدة كلها	= ١٢´ × (١٩٧٦ - ١٨٦٠)
	= ١٢´ ٢٣°
زاوية الاختلاف في سنة ١٩٧٦	= ١٦°- ١٢´ ٢٣°
	= -١٢´ ٧° شرقاً
أي في الاتجاه العكسي ويكون	= ١٢´ ٧° غرباً
الإنحراف المغناطيسي للخط سنة ١٩٧٦	= ٤٥´ ٩٩° + ١٢´ ٢٣°
	= ٥٧´ ١٢٢°
الإنحراف الجغرافي للخط (ثابت)	= ٥٧´ ١٢٢° - ١٢´ ٧°

مثال ٣:

فرض اتجاه شمال منحرفاً عن الاتجاه الجغرافي بمقدار ٣٧' غرباً وكانت زاوية الاختلاف في يونيو ١٩٥٥ هي ٢٧' ١٠° غرباً وكان معدل التغير في زاوية الاختلاف ١٠ دقيقة سنوياً شرقاً. فإذا كان الانحراف الافتراضي لخط أ ب هو ٢٢' ٦٢° فعين الانحراف المغناطيسي له في يناير ١٩٦٦.

الحل:

الانحراف الافتراضي للخط	٢٢´	٦٢°
	- ٣٧´	
الانحراف الجغرافي للخط	٥٥	٦١
الاختلاف في يونيو ١٩٥٥	+ ٢٧	١٠

الانحراف المغناطيسي للخط في يونيو ١٩٥٥	٢٢	٧٢
التغير في المدة كلها ٥,١٠ × ١٠´	= ٤٥	١
الانحراف المغناطيسي للخط في يناير ١٩٦٦ هو	´٧	°٧٤

المضلع أو الترافوس :

المضلع هو الشكل الكثير الأضلاع - ويتكون في علم المساحة من عدد غير ثابت من الخطوط المستقيمة المتصلة من أطرافها ببعضها وتحصر فيما بينها زوايا. وعادة نختار هذه الأضلاع بحيث تمر بحدود قطعة الأرض المطلوب عمل خريطة لها.

أنواع المضلعات:

١- **المضلع المقفل:** وهو الذى يعود إلى نقطة ابتدائه ويستعمل فى رفع المستنقعات والمبانى والقرى.

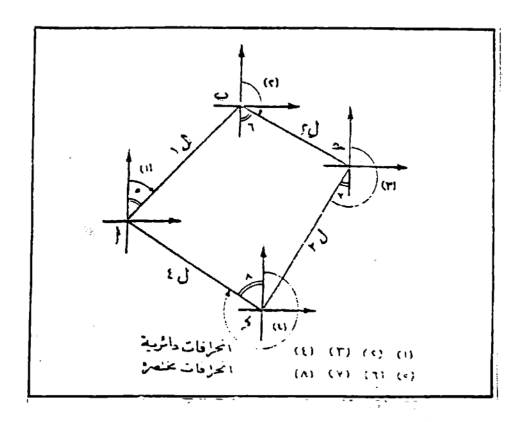
٢- **المضلع المفتوح:** وهو الذى لا ينتهى إلى النقطة التى ابتدأ منها ويستعمل فى رفع المناطق الطويلة الممتدة مثل الشواطئ والطرق وهو خارج نطاق هذا الباب.

وغالباً ما يسمى المضلع مقروناً باسم الجهاز المساحى الذى استخدم فى رفعه حتى توقيعه على الخريطة ، فيقال ترافرس البوصلة أى المضلع أو الترافرس الذى استخدم فى رفعه جهاز البوصلة المنشورية، وهناك ترافرس التيودوليت وهو مضلع أدق من سابقه ويستخدم جهاز التيودوليت فى رفع نقطة من الطبيعة إلى الخريطة.

ولإنشاء المضلعات يلزم معرفة:

١- قياس أطوال الخطوط.

٢- قياس انحرافات الخطوط واستنتاج قيم الزوايا وشكل (٣٠) يوضح مضلع بوصلة أ ب جـ د أ قيست فيه أطوال خطوطه وكذلك انحرافاتها الدائرية واستنتجت الانحرافات المختصرة لها.



شكل رقم (٣٠)

البوصلة المنشورية

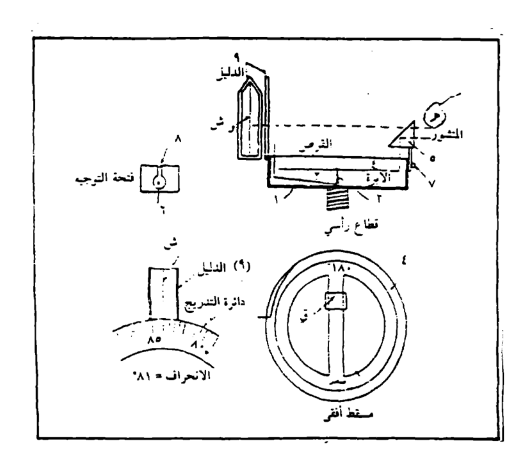
(Prismatic Compass)

تعتبر البوصلة المنشورية من أحسن الأنواع ، وقد اخترعها الكابتن كاتر ١٨١٤.

تركيب الجهاز:

تتركب البوصلة من الأجزاء الرئيسية الآتية شكل (٣١)

١- **علبة مستديرة:** من النحاس يتراوح قطرها بين ٦ ، ١٥ سنتيمتر مغطاة بقرص من الزجاج لمنع تسرب الأتربة والرطوبة إلى الداخل.



شكل رقم (٣١)

٢- إبرة مغناطيسة : وهى عبارة عن صفيحة رقيقة ممغنطة من الصلب تحمل تحمـيلاً حراً فى مركز ثقلها، وهى تتخذ على الدوام وضعاً يشير فيه أحد طرفيها إلى الشمال المغناطيسى. ومركب على الإبرة إطار من الألمنيوم (٤) يدور معهاً تبعاً لدورانها إذ أنها متصلة به معدنياً . والإطار مقسم من صفر° إلى ٣٦٠° والتدريج فى اتجاه عقرب الساعة ، وصفر التدريج أمام الجنوب . ويوجد على الإبرة ثقل (ق) لموازنة الإبرة وملاشاة زاوية الميل وجعل الإبرة أفقية. فمثلاً فى نصف الكرة الشمالى يوضع الثقل قرب الطرف الجنوبى للإبرة حتى يجعلها أفقية بدلا من أن يتجه الطرف إلى أعلى وبالعكس فى نصف الكرة الجنوبى يوضع الثقل قرب الطرف الشمالى للإبرة.

٣- سن مـــدبب : (٣) من العقيق الصلب وهو مركب فى مركز العبة (١) ويستعمل السن كحامل للإبرة.

٤- منشور زجاجي: له ثلاثة أوجه (٥) مثبت فى غلاف بجانب العلبة لقراءة تدريج الإطار، وتتم القراءة بشعاع يسقط من الإطار على السطح المائل للمنشور خلال الفتحة المستديرة الموجودة فى الوجه الأفقى ثم ينعكس أفقياً إلى العين خلال الفتحة المستديرة الموجودة تحت الفتحة (٦) والكتابة على الإطار مقلوبة حتى تقرأ معتدلة ويتصل المنشور بالعلبة بمفصلة حتى يمكن طيه عند استعمال الجهاز.

٥- مسمار لرفع المنشور أو خفضه: (٧) تبعاً لقوة إبصار الراصد حتى يمكن قراءة التدريج بوضوح.

٦- فتحة ضيقة فى الجانب الرأسي: من الغلاف المركب فيه المنشور للرصد منها.

٧- دليل: (٩) وهو عبارة عن إطار معدنى به شعرة رأسية (ش) وهو مقابل للمنشور أو الفتحة (٦) على الناحية الأخرى منها. وهو على هيئة شباك فى وسطه شعرة رأسية لتوجيهها إلى الهدف أثناء الرصد. والدليل متصل بالعلبة بمفصله ويحمل مرآة تنزلق على الدليل لرصد المرتفعات أو المنخفضات.

٨- زجاج ملون بجوار المنشور: لإضعاف الضوء عند الرصد على الشمس أو هدف لامع.

ويوجد عدا ذلك مسمار صغير لتهدئة حركة الإبرة بواسطة ضغطه ، فيضغط بدوره على ياى يضغط على الإطار الدائرى ويمنع اهتزاز الإبرة.

كذلك توجد أنواع حديثة منها ما هو مزود بمنظار كما فى البوصلة المصنوعة بواسطة شركة كيرن وأخرى مضاف إليها أجزاء إضافية كثيرة وعلى العموم هناك أشكال مختلفة كثيرة الآن. وتختلف أقسام التدريج فى البوصلة حسب دقتها وتتراوح ما بين ١٠ دقائق و ٣٠ دقيقة .

مزايا البوصلة المنشورية:

١- بسيطة التركيب والعمل بها سهل . خفيفة الوزن مما يجعلها صالحة

للأعمال الاستكشافية والأغراض الحربية.

٢- الانحراف المقاس لأى خط مستقل عن انحراف أى خط آخر ، وبذا لا تتراكم الأخطاء ولا يؤثر الخطأ فى أى خط على الخطوط الأخري.

٣- يمكن الحصول على انحراف أى خط بوضع البوصلة على أى نقطة فى الخط بشرط عدم وجود أى جاذبية محلية عند أحد طرفيه.

عيوب البوصلة:

١- قراءة البوصلة تقريبية إذ تقرأ لغاية ١٠ دقائق وأحياناً إلى نصف درجة ولذا فالعمل بها غير دقيق.

٢- غير قابلة للضبط وإن كان لها تحقيق.

٣- لا يمكن الرصد بها إلى مسافات بعيدة.

٤- تتأثر بالجاذبية المحلية.

تصحيح انحرافات الخطوط

بعد أن يتم قياس انحرافات خطوط المضلع يجب إجراء بعض التصحيحات لتقليل الأخطاء الناتجة عن :

١- التوجيه والقراءة.

٢- الجاذبية المحلية.

ومن هذه الدراسة يمكن أيضا الحكم على دقة العمل الحقلى. ويتم التصحيح إما بطرق دقيقة أو بطرق تقريبية وذلك لكل من التوجيه والقراءة والجاذبية المحلية.

التصحيح بالطريقة التقريبية:

أولاً: التصحيح للتوجيه والقراءة (طريقة المتوسطات):

يحسب الفرق بين الانحراف الأمامي والخلفي لكل خط ويقارن بالفرق النظرى الواجب حدوثه وهو ١٨٠°، فإذا كان الخطأ فى الفرق بين الانحرافات الأمامية والخلفية صغيراً فى حدود بضع دقائق أو درجة على الأكثر وناتجاً غالباً من الخطأ فى الرصد أو التوجيه فيمكن تصحيح الانحرافات بطريقة المتوسطات وذلك بأخذ متوسط كل من الانحرافين الخاصين بكل خط . (انظر المثال التالي) أما إذا كانت الفروق أكبر من درجة فيكون التصحيح بطريقة الجاذبية المحلية التى ستذكر فيما بعد.

مثال:

في الجدول التالى مبين أرصاد لترافرس مقفل أخذت بالبوصلة المنشورية وكانت الأخطاء فى الفروق لا تتجاز (١°) وعليه التصحيح بطريقة المتوسطات.

جدول (٥) التصحيح بطريقة المتوسطات

الخط	الطول متر	الانحراف الأمامي		الانحراف الخلفي		الفرق		أمامي مصحح	
أ ب	٨٦	٠٥'	٦٢°	٠٥'	٢٤٢°	٠٠'	١٨٠°	٠٥'	٢٤٢°
ب جـ	٣١	٤٤	١٤٥	٤٤	٣٢٦	٠٠	١٨١	١٤	٣٢٦
جـ د	٤٩	٣٠	١٩٠	٣٠	١١	٠٠	١٧٩	٠٠	١١
د هـ	٤٨	٣٤	٢٤٦	٥٨	٦٦	٣٦	١٧٩	٤٦	٦٦
هـ أ	٦٤	٤٥	٣٢٣	١٥	١٤٣	٣٠	١٨٠	٣٠	١٤٣

ملاحظات على الجدول:

١- الضلع أ ب لم تجر لانحرافاته أى تصحيحات لأن الفرق بين انحرافيه ١٨٠°.

٢- الضلعين ب جـ ، هـ أ واللذين كان الفرق بين الانحراف الأمامي والخلفي لكل منهما أكبر من ١٨٠° أجرى التصحيح بطرح نصف الفرق عن ١٨٠° من الانحراف الأكبر وإضافة نصف الفرق عن ١٨٠° إلى الانحراف الأقل.

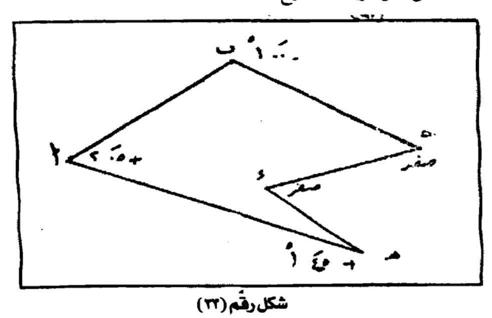
٣- للضلعين جـ د ، د هـ حيث كان الفرق بين انحراف أضلاعهما الأمامي والخلفي أقل من ١٨٠° أجرى التصحيح بإضافة نصف الفرق عن ١٨٠° إلى الانحرافات الأكبر وطرح نصف الفرق عن ١٨٠° من الانحرافات الأقل.

ثانياً : التصحيح للجاذبية المحلية :

نتيجة لوجود الجاذبية المحلية فإن الانحرافات تحتوي على أخطاء . وكل انحراف مأخوذ من نقطة معينة يكون متأثراً بنفس قيمة الخطأ المتأثر بها الخطوط الأخرى المرصودة من نفس النقطة . ولإجراء تصحيح تأثير الجاذبية المحلية توجد حالتان.

أولاً : حالة وجود خط أو أكثر غير متأثر بالجاذبية المحلية :

لإجراء التصحيح نبحث عن خط غير متأثر بالجاذبية المحلية ويكون الفرق بين الانحرافين الأمامي والخلفي له ١٨٠° . نصحح بعد ذلك الانحرافات التالية له. والمثال التالي يبين طريقة التصحيح.



شكل رقم (٣٢)

مثال :

أخذت الانحرافات التالية والمبينة في الجدول ببوصلة منشورية في مضلع مقفل أ ب جـ د هـ أ شكل (٣٣) والمطلوب تصحيح الانحرافات .

الحل:

١- في جدول (٦) أوجدنا الانحرافات الخلفية والأمامية والفروق بينهما فوجدنا أن جـ د غير متأثر بالجاذبية لأن الفرق بين انحرافية ١٨٠° ، ولذا نبدأ التصحيح من أحدى نهايتيه لأن الانحرافات عند د صحيحة . وبذا فإن الانحراف الخلفي للخط ب جـ صحيح والانحراف الأمامي للخط د هـ صحيح ، وبصفة عامة تكون الانحرافات المرصودة من جـ د صحيحة سواء رصدت إلى نقط المضلع نفسه أو إلى غيرها.

٢- نبدأ التصحيح من د في اتجاه عقرب الساعة مثلاً . حيث أن الانحراف الأمامي للخط د هـ صحيح وهو ٢٦٨° فإن الانحراف الخلفي له يجب أن يكون ٨٨° (جدول ٦) ، ولكن الانحراف الخلفي المرصود من هـ هو ١٥´ ٨٦° ، وبذا فإن هذا الانحراف به خطأ قدره (-٤٥´ ١°) ويكون هذا الخطأ عبارة عن التصحيح الواجب إضافته إلي الانحراف الخلفي للخط د هـ ليكون صحيحاً ، ويضاف أيضاً علي كافة الانحرافات المرصودة من هـ . وبذا فإن الانحراف الأمامي الصحيح للخط هـ أ يجب أن يزيد ٤٥´١° فتصبح (١٢´ ٣١٦° + ٤٥´ ١° = ٥٧´ ٣١٧°).

٣-الانحراف الخلفي الصحيح للخط هـ أ يجب أن يكون ٥٧´ ١٣٧° ولكنه رصد ٥٢´ ١٣٥° أي خطأ قدره (-٥٠´ ٢°) ويصبح الانحراف الأمامي الصحيح للخط أ ب هو (١١´ ٤٢° + ٠٥´ ٢° = ١٦´ ٤٤°) . ويصبح الانحراف ب أ = ١٦´ ٢٢٤° .

٤- الانحراف المرصود أ ب هو ١٦' ٢٢٥° أي به خطأ قدره + ١° فيجب أن تنقص الانحرافات المأخوذة من ب بهذا المقدار فيصبح الانحراف ب جـ = ٣٠' ٢٨٤° وهذا يتفق مع الانحراف الخلفي المرصود له من جـ الذى تنعدم فيها الجاذبية المحلية.

٥- وإذا فرض أن انحراف ب جـ لم يتفق مع جـ ب وكان الفرق بسيطاً فيمكن أخذ المتوسط بينهما (انظر طريقة المتوسطات).

جدول رقم (٦)

أرصاد الغيط					التصحيح المكتبي		
الخط	الطول	الانحرافات المرصودة		الفرق	الانحرافات المصححة		الفرق
		أمامي	خلفي		أمامي	خلفي	
أ ب	١١٤	°٤٢ ١١	°٢٢٥ '١٦	°١٨٣ ٠٥	°٤٤ '١٦	°٢٢٤ '١٦	°١٨٠
ب جـ	١٢٥	١٠٥ ٣٠	٢٨٤ ٣٠	١٧٩ ٠٠	١٠٤ ٣٠	٢٨٤ ٣٠	١٨٠
جـ د	١٠٤	١٩١ ٠٤	١١ ٠٤	١٨٠ ٠٠	١٩١ ٠٤	١١ ٠٤	١٨٠
د هـ	١٢٦	٢٦٨ ٠٠	٨٦ ١٥	٠٨١ ٤٥	٢٦٨ ٠٠	٨٨ ٠٠	١٨٠
هـ أ	٨٨	٣١٦ ١٢	١٣٥ ٥٢	١٨٠ ٢٠	٣١٧ ٥٧	١٣٧ ٥٧	١٨٠

ثانياً - حالة عدم وجود خط خال من الجاذبية المحلية:

فى هذه الحالة نبحث عن الخط الذى به أصغر مقدار من الخطأ فى الفرق بين انحرافية الأمامى والخلفى فمثلاً فى المثال السابق إذا كان الانحراف الأمامى للخط جـ د = ٤٠َ ١٠٩° والخلفى ٤٨َ ٢٨° فالفرق بينهما يساوى ١٦َ ١٨٠°

وهو أقل فرق بين انحرافات الخطوط، ويكون الانحراف الأمامى المتوسط والخلفى المتوسط هما ٥٦َ ٢٠٨°، ٥٦َ ٢٨°(فحسب المتوسط بطرح ١٨٠° من الأكبر ثم نأخذ المتوسط) وهذان الانحرافات هما أساس التصحيح . ويكون تأثير الجاذبية عند جـ = - ٨َ وعند د = + ٨َ أى أن الانحرافات عند جـ ، د تصحح بهذا المقدار ، ثم نستمر كما فى المثال.

بعد استبعاد تأثير الجاذبية تبقى الأخطاء الآلية وأخطاء الرصد وهذه يجب العناية فى تلافيها بقدر الأمكان .

استعمالات البوصلة

أولاً - رفع منطقة :

تستعمل البوصلة بأنواعها المختلفة وبصفة خاصة المنشورية فى الرفع فتحاط المنطقة بمضلع نحدد اتجاهات أضلاعه بالبوصلة وبالتالى زواياه ، ثم تحشى التفاصيل على خطوط المضلع. ولرصد انحرافات المضلع وليكن أ ب جـ د هـ وشكل (٣٤) تتبع ما يلى:

١- نضع الجهاز فوق أ تماماً بواسطة خيط شاغول يعلق فى الحامل عند مركز العلبة.

٢- تجعل البوصلة أفقية بالنظر أو بواسطة ميزان التسوية مع استعمال الرأس الرحوية الموجودة برأس الحامل لهذا الغرض.

٣- نوجه الدليل نحو الشاخص الموضوع فى (و) بحيث تكون الفتحة الرأسية فى المنشور الثلاثى والشعرة الرأسية فى الدليل والشاخص على استقامة واحدة مع ملاحظة أن يكون الرصد على كعب الشاخص ، ثم ننظر فى فتحة المنشور ، عندما تثبت الإبرة ومعها الإطار نلاحظ أن الشعرة وتدريج الإطار يمكن رؤيتها معاً فى

وقت واحد. عندئذ نعين القراءة المنطبقة على شعرة الدليل فنحصل على انحراف أو.

٤- نوجه الجهاز إلى ب ونرصد انحراف أ ب بالطريقة السابقة.

٥- ننقل الجهاز إلى ب ونكرر ما سبق فنرصد أ فيتعين الانحراف الخلفى أ ب ثم نرصد جـ فيتعين انحراف ب جـ .

٦- ننقل الجهاز إلى باقى النقط الواحدة تلو الأخرى ونعين الانحرافات الأمامية والخلفية لباقى خطوط المضلع ، وعندما نصل إلى و ونرصد أ ونقرأ الانحراف الأمامى للخط و أ . بهذا يتم رصد انحرافات خطوط المضلع التى تقاس أطوالها أثناء الانتقال من نقطة إلى أخرى.

٧- ندون الانحرافات المرصودة فى جدول كالسابق.

٨- تؤخذ انحرافات النقط الخاصة بالتفاصيل وتوضع فى الجدول لحين توقيع المضلع والتفاصيل.

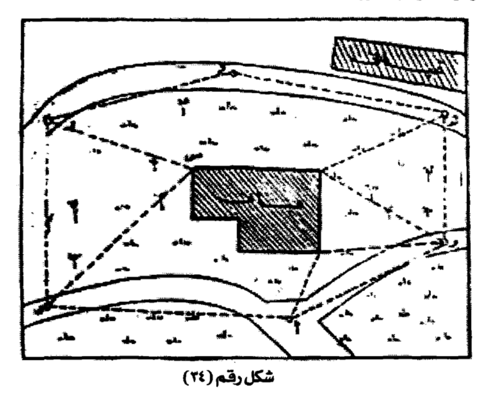
٩- فى حالة عمل مساحة لطريق تشكل نقط المضلع أولاً بأول وتقاس الانحرافات الأمامية والخلفية وأطوال الخطوط وترفع على كل خط التفاصيل كما فى التحشية ، أما النقط البعيدة فتؤخذ لكل منها انحرافان من نقطتين مختلفتين كما فى شكلى (٣٤ ، ٣٥).

ثانياً - تعيين مكان الراصد على الخريطة أو إضافة تفاصيل على الخريطة ليست موجودة بها:

١- طريقة التقاطع:

نفرض أن شخصاً يريد أن يعين موقع مكانه علي الخريطة التى يحملها يختار ظاهرتين فى الطبيعة ، ويتبين من موقعه ومن جردتين على الخريطة التى لديه ولتكن هاتان الظاهرتان أ ، ب شكل (٣٦) فيقف الراصد عند الظاهرة الأولى أ ويرصد انحراف المكان المطلوب تعيينه وليكن جـ ، ينتقل الراصد إلى مكان الظاهرة الثانية ب ويرصد منها انحراف ب جـ ويسجل القراءتين وهما يمثلان

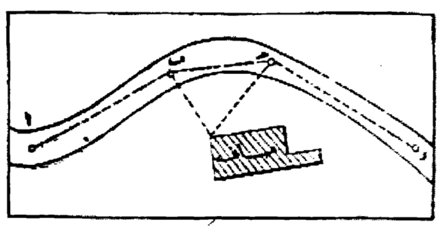
انحرافى جـ من أ ، ب تم يرسم على الخريطة خطاً يمثل الشمال المغناطيسى ويمر بالنقطة أ ، وآخر موازياً له يمر بالنقطة ب . نعين الانحرافين السابق رصدهما من الطبيعة بواسطة المنقلة ونرسم خطين يمثلان الانحرافين فيتقاطعان فى جـ المطلوب تحديدها بنفس الطريقة يمكن إضافة تفصيلات على الخريطة ليست موجودة ونوقعها عليها.



شكل رقم (٣٤)

٢- طريقة التقطاع العكسى:

تتميز هذه الطريقة عن السابقة بأن الراصد ينتقل إلى مكان الظواهر الثابتة الموقعة على الخريطة ، ولكن يقوم بعمليات الرصد من النقطة التى يريد تحديدها على الخريطة ففى شكل (٣٧) نفرض أن أ هى المكان المطلوب تحديده على الخريطة وأن الظواهر الثابتة الموقعة على الخريطة هى ب ، جـ ، د. والأفضل أن نختار أكثر من ظاهرتين لتحقيق العمل. ويثبت الراصد البوصلة فى أ ويرصد منها انحرافات ب ، جـ ، د . ويرسم على الخريطة ثلاثة خطوط متوازية تمر بالنقط ب ، جـ ، د تمثل اتجاه الشمال المغناطيسى. من هذه النقط الثلاث نرسم



شكل رقم (٣٥)

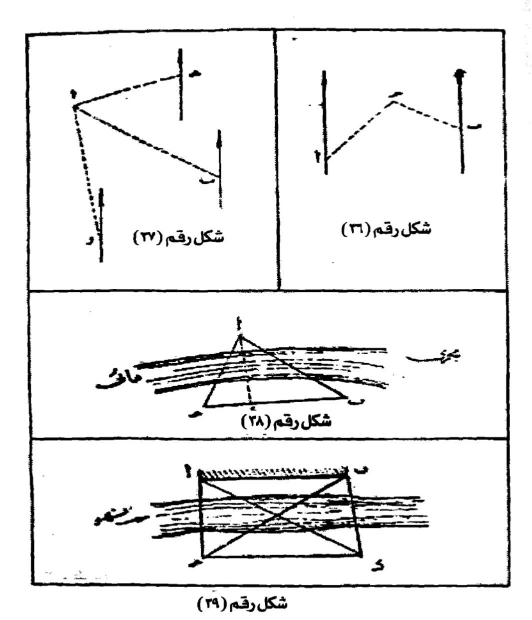
الانحرافات الخلفية للانحرافات الأمامية التى رصدناها من أ ، فمثلاً إذا كان انحراف أ ب = ١٣٠° فإننا نرسم بالمنقلة انحرافاً قدره ٣١٠° من ب وهكذا للنقط الأخرى. وإذا كان الرصد دقيقاً فإن الخطوط الثلاثة تتلاقى فى نقطة واحدة هى الظاهرة أ المطلوب توقيعها على الخريطة وإلا يحقق العمل بأرصاد أكثر من ذلك.

ثالثاً - إيجاد عرض مجرى مائى:

لأيجاد اتساع مجرى مائى شكل (٣٨) نختار ظاهرة واضحة على الضفة المقابلة ولتكن عموداً أو شجرة ونفرض أنها نقطة أ . نختار نقطتين على الضفة التى سوف يتم الرصد عليها مثل ب جـ . نرصد انحرافى ب أ ، أ جـ ونقيس ب جـ. نرسم على لوحة الخط ب جـ بمقياس رسم مناسب ونوقع خط الشمالى المغناطيسى عند كل من ب ، جـ . نرسم بالمنقلة الانحرافين ب أ ، جـ أ فيلتقى هذان الانحرافان فى أ. نسقط من أ عموداً على القاعدة ب جـ فيكون أ د هو عرض المجرى. ويجب أن يقاس انحراف ب جـ أيضاً حتى يمكن رسم اتجاه الشمال بالنسبة له.

رابعا - إيجاد البعد بين هدفين دون الوصول إليهما:

يراد إيجاد البعد أ ب ولكن لا يمكن الوصول إلى أ أو ب شكل (٣٩) ، نختار


شكل رقم (٣٦)

شكل رقم (٣٧)

شكل رقم (٣٨)

شكل رقم (٣٩)

نقطتين أخريين مثل جـ ، د . من جـ نرصد انحرافى أ ، ب من د . نرصد انحرافات د ب ، د أ ، د جـ . نقيس المسافة جـ د بالشريط.

من جـ نرسم اتجاه الشمال ونرسم الخط جـ د بمعرفة انحرافه على لوحة رسم بمقياس رسم مناسب . نرسم جـ أ ، جـ ب ، ومن د نرسم انحراف د أ ، د ب فيتقاطع جـ أ ، د أ ، فى أ ، جـ ب ، د ب فى ب . نصل أ ب فيكون هو الطول المطلوب بمقياس الرسم.

طرق رسم المضلع

توجد عدة طرق لرسم المضلع وفيما يلى أهمها:

١- توقيع الخطوط بالمنقلة بواسطة انحرافاتها:

نفرض أننا نريد توقيع المضلع السابق تصحيحه فنبتدئ من أ مثلاً ونرسم خط الشمال عندها ثم نرسم خطاً يمثل انحراف أ ب شكل (٤٠) نوقع عليه الطول أ ب بمقياس الرسم فتتعين ب ، من ب نرسم اتجاه الشمال ثم نعين اتجاه ب جـ بتوقيع انحرافه، ونأخذ عليه الطول ب جـ بمقياس الرسم وهكذا نكرر العملية حتى نوقع جميع الخطوط وهى طريقة غير دقيقة على الاطلاق.

٢- توقيع الخطوط بالزوايا الداخلية للمضلع:

تحسب الزوايا الداخلية بين الخطوط بعد تصحيح الانحرافات ثم نوقع خطاً بعد آخر بالمنطقة . وهى كسابقتها غير دقيقة لاستعمالنا المنقلة فى التوقيع.

٣- طريقة الظلال:

هذه الطريقة أدق من الطريقتين السابقتين خاصة أننا لايمكننا أن نوقع الزوايا بالمنقلة إلا فى حدود ٢٠ أو ٣٠ دقيقة. تتلخص هذه الطريقة فى إيجاد ظلال الانحرافات المختصرة أولاً ، ثم نبتدئ بنقطة مثل أ ونرسم اتجاه الشمال عندها شكل (٤٠) ونفرض أن الانحراف المختصر للخط أ ب = ٠,٧٥٠٠ والخط (ش ق) فنأخذ على الرأسى فى الربع الخاص بالخط ١٠ سم ، وعلى الأفقى ٧,٥ فى نفس الربع فتتعين نقطة مثل ع تحدد اتجاه أ ب (قد نأخذ ربع المقادير كما فى الشكل) نأخذ على اتجاه أ ع طول أ ب بمقياس الرسم فتتعين ب . نرسم اتجاه الشمال عند ب ونوقع ظل الزاوية فى الربع الخاص بها لتعين اتجاه جـ . الشكل مرسوم على أساس أن ظا انحراف أ ب = ٠,٨٧٧٣ (ش ق)، ظا انحراف ب جـ = ٠,٦٦٨٦ (جـ ق)، ظا انحراف جـ د = ٢,٣٢٩٤ (جـ غـ)، ظا انحراف أ د = ٠,٧٤٠٠ (ش غـ) أما أطوال الخطوط فهى أ ب = ٨٦ متراً ، ب جـ = ٤٦ متراً، جـ د = ٤٨ متراً ، أ د = ٥٤ متراً.

٤- طريقة المركبات:

لكى يكون المضلع المقفل صحيحاً يجب أن يتحقق الشرطين التاليين:

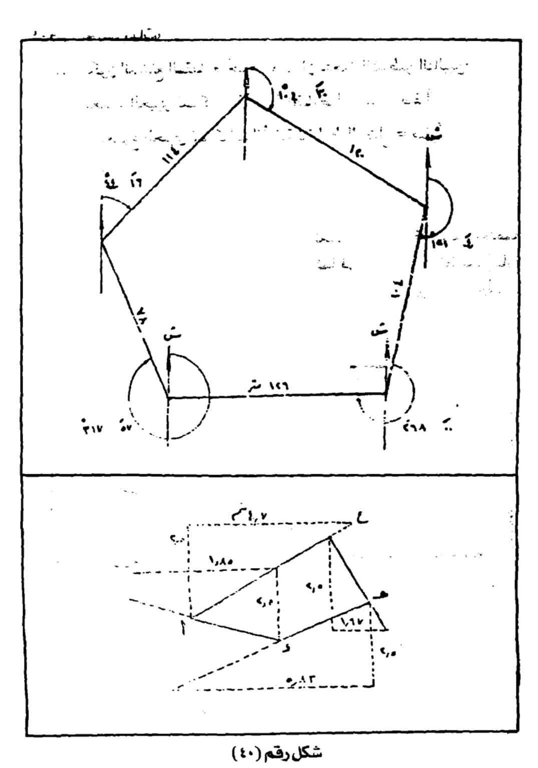
أ- المجموع الجبرى للمركبات الرأسية لخطوط المضلع = صفراً.

ب – المجموع الجبرى للمركبات الأفقية لخطوط المضلع = صفراً.

المركبات:

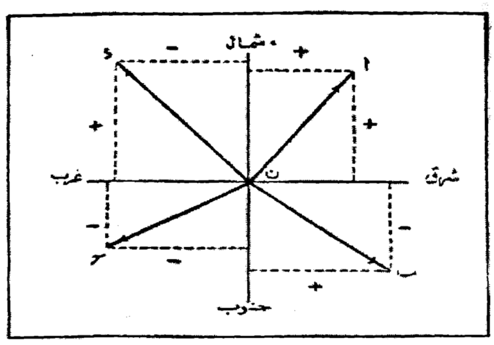
كل خط فى المضلع له مسقطان بالنسبة لاتجاه الشمال المغناطيسى أحدهما يوازى اتجاه الشمال ويعرف بالمركبة الرأسية كما فى شكل(٤١) وتختلف إشارة الاحداثيات باختلاف ربع الدائرة الذى يقع فيه الضلع كما هو مبين فى الجدول.

الخط	الربع	المركبة الرأسية	المركبة الأفقية
ن أ	الأول	+	+
ن ب	الثاني	-	+
ن جـ	الثالث	-	-
ن د	الرابع	+	-



شكل رقم (٤٠)

أما قيمة المركبات فتتوقف على طول الضلع وزاوية انحرافه (أو انحرافه المختصر).



شكل رقم (٤١)

طول المركبة الرأسية = طول الضلع x جتا (زاوية الانحراف المختصر) طول المركبة الأفقية = طول الضلع x جا (زاوية الانحراف المختصر)	(١٢)

وإذا كان مجموع المركبات الرأسية الموجبة لا يساوي مجموع المركبات الرأسية السالبة. وبالمثال مع المركبات الأفقية فإننا نحصل من هذه الفروق على مقدار خطأ القفل ويصحح كما سيأتي بعد في المثال.

مثال :

الانحرافات المبينة في جدول (٧) هي انحرافات مضلع مقفل أ ب جـ د هـ أ بعد تصحيحها من تأثير الجاذبية المحلية. أوجد الكميات اللازمة لرسم المضلع بطريقة المركبات.

خطوات العمل:

١- ترتب الأرصاد في الجدول كما هو مبين ويوضع في العمود (١) اسم الخط وفي العمود الثاني طوله المقاس وفي الثالث الانحراف الدائري المصحح.

٢- يحسب الانحراف المختصر ويوضع فى العمود الرابع.

٣- تحسب المركبة الأفقية والمركبة الرأسية لكل خط بضرب الطول فى جيب وجيب تمام زاوية الانحراف المختصر مع مراعاة الإشارات وتوضع فى العمودين (٥) ، (٦).

٤- تجمع المركبات جبرياً فإذا ساوى المجموع الصفر فإنه لا توجد أخطاء فى المركبات أما إذا كان المجموع الجبرى للمركبات الأفقية أو الرأسية يساوى مقدار ما فإن هذا المقدار هو عبارة عن مركبة الخطأ الأفقية أو الرأسية أى أن:

المركبة الأفقية لخطأ القفل = المجموع الجبرى للمركبات الأفقية المركبة الرأسية لخطأ القفل = المجموع الجبرى للمركبات الرأسية	(١٣)

٥- تصحح المركبات حسابياً ثم يرسم المضلع بواسطة المركبات المصححة أو بواسطة الإحداثيات ، انظر تصحيح خطأ القفل حسابياً.

خط القفل

أولاً - إذا كان التوقيع بالطرق التخطيطية:

أى إذا كان التوقيع بالطرق الثلاث الأولى ، عند توقيع المضلع فإننا نبتدئ بنقطة مثل أ ونوقع الخطوط تباعاً حتى النقطة أ مرة أخرى . ولكن يندر أن نرجع لنفس النقطة أ تماماً وإنما نعين بدلاً منها نقطة أخرى مثل $أ_١$. المسافة أ $أ_١$ تسمى (خط القفل) وهذا الخطأ نتيجة الأخطاء فى الرصد وقياس الأطوال والانحرافات وفى التوقيع نفسه. ويجب ألا يزيد طول خطأ القفل عن نسبة معينة من مجموع أطوال المضلع كله ، وإلا أعيد قياس الأطوال والانحرافات بدرجة أكبر من الدقة لنحصل على الخطأ المسموح به.

ثانياً - إذا كان التوقيع بطريقة المركبات:

خطأ القفل فى طريقة المركبات.

جدول رقم (٧)

ملحوظة : يكتفي برقمين أو ثلاثة أرقام عشرية على الأكثر في حساب المركبات

الخط	الطول متراً	الانحراف الدائري	الانحراف المختصر	المركبات غير مصححة (متراً)		المركبات المصححة (متراً)	
				الرأسية	الأفقية	الرأسية	الأفقية
أ ب	٨٦	٦٢ ٠٥	ش. ق ٠٥ ٦٢	+ ٤٠,٢٦٥٢	+ ٧٥,٩٨٩٦	+ ٤٠,٦٠١٨	+ ٧٥,٤٦٥٠
ب جـ	١٣	١٤٦ ١٥	جـ. ق ٤٥ ٣٣	- ٢٥,٧٧٣٤	+ ١٧,٢٢٩٨	- ٢٥,٦٥٢١	+ ١٧,٠٤٠٧
جـ د	٤٩	١٩١ ٠٠	جـ. غ ٠٠ ١١	- ٤٨,٠٩٤٨	- ٩,٣٤٩٢	- ٤٧,٩٠٦٦	- ٩,٦٤٨١
د هـ	٤٨	٢٤٦ ٤٥	جـ. غ ٤٥ ٦٦	- ١٨,٩٣١٢	- ٤٤,١٠٧٢	- ١٨,٧٤٣٣	- ٤٤,٤٠٠٠
هـ أ	٦٤	٣٢٣ ٣٠	ش. غ ٣٠ ٣٦	+ ٥١,٤٤٩٦	- ٣٨,٠٦٧٢	+ ٥١,٧٠٠٢	- ٣٨,٤٥٧٦
المجموع	٢٧٨			- ١,٠٨٨٢	+ ١,٦٩٥٨	صفر	صفر

$$\text{خطأ القفل} = \sqrt{(\text{المركبة الأفقية للخطأ})^2 + (\text{المركبة الرأسية للخطأ})^2} \quad (١٤)$$

خطأ القفل المسموح به:

$$\text{نسبة خطأ القفل} = \frac{\text{طول الخطأ}}{\text{مجموع أطوال الاضلاع}} \quad (١٥)$$

هذه النسبة يجب ألا تزيد عن $\frac{١}{١٠٠}$ فى الأراضى الوعرة ذات الطبوغرافية الشديدة مع القياس بالجنزير وعن $\frac{١}{٥٠٠}$ فى المدن.

تصحيح خطأ القفل:

ويجب تصحيح الأرصاد حتى يقفل المضلع ولا يكون هناك خطأ قفل.

وللتصحيح طريقتان:

أولاً - الطريقة الحسابية :

وهذه تستعمل فى طريقة المركبات. فمن الجدول نجد أن المركبة الرأسية لخطأ القفل = ١٫٠٨٨٢ م والمركبة الأفقية للخطأ = ١٫٦٩٥٨ م.

$$\text{فيكون طول خطأ} = \sqrt{(١,٠٨٨٢)^2 + (١,٦٩٥٨)^2} = ٢,٠١ \text{ م}$$

لتوزيع خطأ القفل على المركبات نتبع القانون التالى ، مع ملاحظة أن إشارة التصحيح تكون بعكس إشارة الخطأ :

تصحيح المركبة الأفقية للخط

$$= \frac{\text{طول الخط}}{\text{أطوال خطوط المضلع}} \times \text{المركبة الأفقية لخطأ القفل}$$

تصحيح المركبة الرأسية للخط أ ب .

$$= \frac{٨٦}{٢٧٨} \times ١,٠٨٨٢ = ٠,٣٣٦٦ \text{ متراً}$$

وتكون المركبة الرأســية المصححة للضلع أ ب

= ٤٠٫٢٦٥٢ + ٠٫٣٣٦٦ = ٤٠٫٦٠١٨ متراً

تصحيح المركبة الأفقية للخط أ ب.

$$= \frac{٨٦}{٢٧٨} \times (١,٦٩٥٨) = -٠,٥٢٤٦ \text{ متراً}$$

وتكون المركبة الأفقية المصححة للضلع

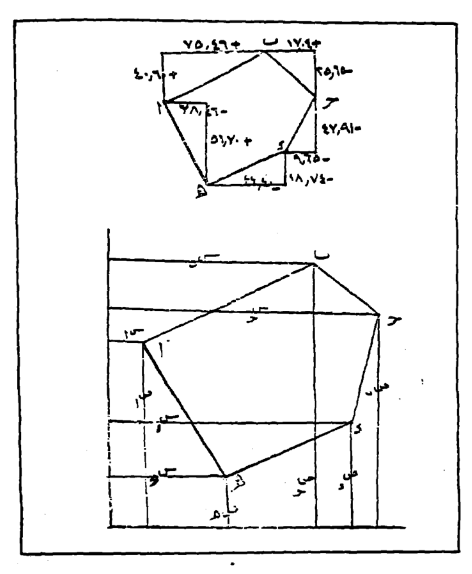
= ٧٥٫٩٨٩٦ - ٠٫٥٢٤٦ = ١٥٫٤٦٥٠ متراً

ونكرر نفس العمل على سائر المركبات .

ملحوظة:

يكتفى فى معظم الحالات بحساب المركبات إلى رقمين عشريين فقط أى لأقرب سنتيمتر وفى بعض الحالات إلى ثلاثة أرقام عشرية أى لأقرب ملليمتر.

وبعد تصحيح مركبات المضلع حسابياً يمكن توقيعه بتوقيع ضلع بعد آخر بواسطة مركباته المصححة شكل (٤٢) فمثلاً إذا بدأنا نبتدئ بنقطة أ فى وضع مناسب من اللوحة ثم نرسم الخط أ ب بالمركبة الأفقية ٧٥٫٤٦٥٠ ناحية اليمين (الشرق) لأنها موجبة ثم المركبة الرأسية ٤٠٫٦٠١٨ إلى أعلى (شمالاً) لأنها موجبة فنحصل على ب ثم نوقع ب جـ إلى اليمين ثم أسفل وهكذا حتى نصل إلى نقطة أ مرة ثانية لأننا استعملنا المركبات المصححة فى رسم الشكل.



شكل رقم (٤٢)

وهناك طريقة أفضل لرسم الترافرس وهى حساب إحداثيات النقط وتسهل كثيراً عملية الرسم شكل (٤٢) وذلك بأن نحول مركبات الخطوط إحداثيات النقط فمثلاً نختار للنقطة إحداثيين اختياريين (أو تكون معلومة لدينا سابقاً) ولتكن الأفقى ١٠ والرأسى ٦٠ ونحسب إحداثيات النقط الأخرى بإضافة مركبات كل خط جبرياً إلى النقطة السابقة مثلاً نضيف مركبات أ ب المصححة إلى أ فنحصل على إحداثيات ب ، وهكذا حتى نصل إلى نقطة البدء للتحقيق كما فى الجدول .

	الإحداثي الرأسي	الإحداثي الأفقي
أ	+ ٦٠,٠٠٠٠	+ ١٠,٠٠٠
	+ ٤٠,٦٠١٨	+ ٧٥,٤٦٥٠
ب	+ ١٠٠,٦٠١٨	+ ٨٥,٤٦٥٠
	- ٢٥,٦٥٢١	+ ١٧,٠٤٠٧
جـ	+ ٧٤,٩٤٩٧	+ ١٠٢,٥٠٥٧
	- ٤٧,٩٠٦٦	- ٩,٦٤٨١
د	+ ٢٧,٠٤٣١	+ ٩٢,٨٥٧٦
	- ١٨,٧٤٣٣	- ٤٤,٤٠٠٠
هـ	+ ٨,٢٩٩٨	+ ٤٨,٤٥٧٦
	+ ٥١,٧٠٠٢	- ٣٨,٤٥٧٦
أ	+ ٦٠,٠٠٠	+ ١٠,٠٠٠

ثانياً - الطريقة التخطيطية:

تعتمد هذه الطريقة على تصحيح خطأ القفل بالرسم ومستنبطة من طريقة الرياضى تثانيل بودتش (١٨٠٧) وفيها يوزع الخطأ على كل خط بنسبة طوله إلى مجموع أطوال المضلع.

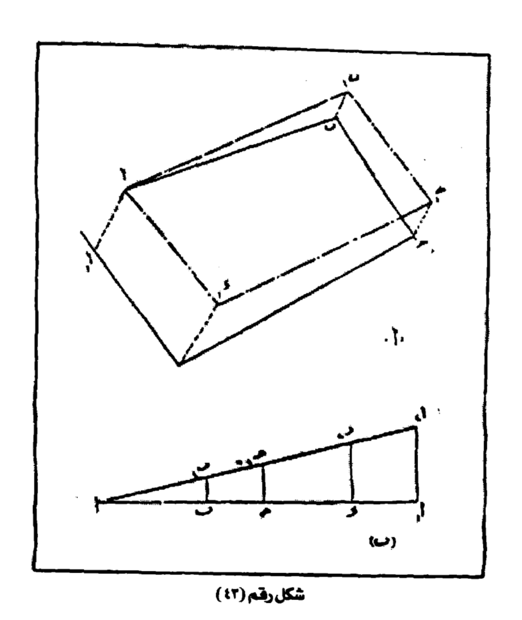
فى شكل (٤٣ - أ) خطأ القفل هو أ أ$_١$.

نرسم مستقيم أ أ$_١$ يساوى طول المحيط بأى مقياس رسم شكل (٤٣ - ب) ويعين عليه ب ، جـ ، د.

٢- نرسم من أ١ العمود أ$_١$أ$_٢$ = طول خطأ القفل بنفس مقياس رسم المضلع الأصلى أى أن أ$_١$أ$_٢$ = أ$_١$أ . نصل أ أ$_٢$.

٣- من ب ، جـ ، د ، شكل (٤٣ - ب) نقيم أعمدة تقابل أ أ$_٢$ ، فى ب$_٢$ ، جـ$_٢$ ، د$_٢$.

٤- من ب ، جـ ، د شكل (٤٣- أ) نرسم خطوطاً توازى خطأ القفل أ أ$_١$ ونأخذ عليها الأطوال ب ب$_١$ ، جـ جـ$_١$ ، د د$_١$ ، تساوى ب ب$_٢$ ، جـ جـ$_٢$ ، د د$_٢$



شكل رقم (٤٢)

وفى اتجاه أ١ أ (أى اتجاه النقطة الخطأ إلى النقطة الصحيحة) نصل أ ب١ جـ١ د١ أ ينتج الشكل المصحح.

ونظراً إلى أن الفرق فى طول الخطأ عند كل نقطتين متتاليتين صغير (أى أن الفرق بين ب ب١ ، جـ جـ١ مثلاً صغير) فيمكن اعتبار الشكل ب ب١ جـ جـ١ متوازى أضلاع . وبذا فإن أطوال الخطوط لا تتغير وإنما التغير يكون فى الزوايا. وهذا يناسب مضلع البوصلة لأن احتمال الخطأ فى قياس الزوايا أكبر من احتمال الخطأ فى قياس الأطوال لذلك ينصب التصحيح على الزوايا فقط تقريباً.

٥- فى حالة ما إذا كان مجموع أضلاع الترافرس أكبر من سعة ورقة الرسم فيمكن رسم الأطوال بمقياس رسم مناسبة للورقة مع ملاحظة رسم خطأ القفل بقيمته الظاهرة فى الرسم لأن المطلوب هو توزيع الخطأ بنسبة أطوال الترافرس حتى تحصل كل نقطة على جزء من الخطأ وحتى يقفل الترافرس.

حساب طول وانحراف خط لم يرصد:

أحياناً لا يتيسر قياس طول خط أو رصد انحرافه فى مضلع. فى هذه الحالة نأتى بمركبات أضلاع الخطوط وتكون المركبات الرأسية والأفقية للضلع المجهول هى مجموع المركبات الرأسية لجميع الخطوط ومجموع المركبات الأفقية لجميع الخطوط مع عكس الإشارة وذلك لاستيفاء شرط أن كل من مجموع المركبات الأفقية والرأسية يجب أن يساوى صفراً.

مثال:

فى مضلع أ ب جـ د رصدت انحرافات أ ب ، ب جـ ، جـ د وقيست أطوالها وبعد تصحيح الانحرافات وإيجاد المركبات الأفقية والرأسية كانت كالآتي :

	مركبة أفقية	مركبة رأسية
أ ب	- ٣٣,٤٥	- ٤٧,١٨
ب جـ	+ ٨٦,١٧	- ٢٣,٢٤
جـ د	- ٤١,٢٢	+ ١٥,٤٧

ما طول الخط د أ ، وانحرافه ؟

الحل:

مجموع المركبات الأفقية = + ٥٠ر١١ م

مجموع المركبات الرأسية = - ٠٠ر٥٥ م

∴ مركبات د أ هي - ٥٠ر١١ ، + ٠٠ر٥٥ م

وطول د أ = $\sqrt{(١١,٥٠٠)^{٢} + (٥٥,٠٠)^{٢}}$ = ٥٦,١٨ متر

ظا الانحراف المختصر للخط = $\frac{س}{ص}$ = $\frac{- ١١,٥٠}{+ ٥٥,٠٠}$ = ٠,٢٩٠

، الانحراف المختصر = ٤٨´ ١١° ش غ (لأن المركبة الأفقية سالبة والرأسية موجبة) .

أمثلة

مثال ١:

صحح بطريقة الجاذبية المحلية الانحرافات للمضلع أ ب جـ د إذا كانت الانحرافات للخطوط على التوالي هي :-

أ ب	: ١٤٤°	ب أ	: ٣٢٢°
ب جـ	: ٦٨°	جـ ب	: ٢٤٧,٥°
جـ د	: ٢٧٨,٥°	د جـ	: ٩٩,٧٥°
د أ	: ٢٣٦°	أ د	: ٥٧,٢٥°

الحل:

الخط	الانحرافات الموصودة		الفرق	الانحرافات المرصودة		الفرق	ملاحظات
	أمامي	خلفي		أمامي	خلفي		
	° '	° '	° '	° '	° '	° '	
أ ب	١٤٤ ٠٠	٣٢٢ ٠٠	١٧٨ ٠٠	١٤١ ٤٥	٣٢١ ٤٥	١٨٠ ٠٠	
ب جـ	٦٨ ٠٠	٢٤٧ ٣٠	١٧٩ ٣٠	٦٧ ٤٥	٢٤٧ ٤٥	١٨٠ ٠٠	
جـ د	٢٧٨ ٣٠	٩٩ ٤٥	١٧٨ ٤٥	٢٧٨ ٤٥	٩٨ ٤٥	١٨٠ ٠٠	
د أ	٢٣٦ ٠٠	٥٧ ١٥	١٧٨ ٤٥	٢٣٥ ٠٠	٥٥ ٠٠	١٨٠ ٠٠	

ملاحظات على الحل:

١- الفرق بين الانحرافين أقل ما يمكن فى الخط ب جـ وهو ٣٠ '

٢- صحح الانحرافين الأمامى والخلفي للخط ب جـ بطريقة المتوسطات حتى نحصل على فرق ١٨٠°.

٣- صحح بقية الانحرافات بطريقة الجاذبية.

مثال ٢:

أخذت القياسات الآتية لمضلع مفتوح بواسطة البوصلة.

الخط	الطول (متر)	الإنحرافات
أ ب	٧٥,٤	٣٠
ب جـ	١٠١,٢	٢٠
جـ د	٨٠,٥	١٥
د هـ	١٠٠,٣	١٠

المطلوب تصحيح هذا المضلع إذا علم أن إحداثيات نقطة أ هى ١٠٠ شمالاً ، ١٠٠ شرقاً وإحداثيات هـ هى ٤٣٦٫٢ شمالاً ، ٢١٣٫٤٥ شرقاً.

الحل:

بالاستعانة بالجدول التالى يمكن الحصول على التصحيح المطلوب.

الخط	الطول (متر)	انحراف مختصر	المركبات المحسوبة		التصحيحات		المركبات المصححة	
			س (متر)	ص (متر)	Δ س (متر)	Δ ص (متر)	س (متر)	ص (متر)
أ ب	٧٥,٤	ش ٣٠°ق	٣٧,٧٠	٦٥,٣٠	٠,٦١	–٠,١٦	٣٨,٣١	٦٥,١٤
ب جـ	١٠١,٢	ش ٢٠°ق	٣٤,٦١	٩٥,١٠	٠,٨٢	–٠,٢١	٣٥,٤٣	٩٤,٨٩
جـ د	٨٠,٥	ش ١٥°ق	٢٠,٨٣	٧٧,٧٦	٠,٦٥	–٠,١٦	٢١,٤٨	٧٧,٦٠
د هـ	١٠٠,٣	ش ١٠°ق	١٧,٤٢	٩٨,٧٨	٠,٨١	–٠,٢١	١٨,٢٣	٩٨,٥٧
	٣٥٧,٤		١١٠,٥٦	٣٣٦,٩٤	٢,٨٩	–٠,٧٤	١١٣,٤٥	٣٣٦,٢٠

المركبة (س) للخط أ هـ = ٢١٣٫٤٥ - ١٠٠ = ١١٣٫٤٥ متراً

المركبة (ص) للخط أ هـ = ٤٣٦٫٢٠ - ١٠٠ = ٣٣٦٫٢٠ متراً

مركبات خطأ القفل Δ س ، Δ ص .

Δ س = ١١٣٫٤٥ - ١١٠٫٦٥ = ٢٫٨٩ متراً

Δ ص = ٣٣٦٫٢٠ - ٣٣٦٫٩٤ = - ٠٫٧٤ متراً

خط القفل = $\sqrt{(٠,٧٤)^{٢} + (٢,٨٩)^{٢}} = ٢,٩٨$

نسبة خطأ القفل = $\frac{٢,٩٨}{٣٥٧,٤} = \frac{٨}{١٠٠٠} = \frac{١}{١٢٥}$

نفرض الخطأ مسموحاً به.

تصحيح المركبات كما يلي :

$$\Delta س_1 = \frac{75.4}{357.4} \times 2.85 = 0.61 \text{ متراً}$$

$$\Delta ص_1 = \frac{75.4}{357.4} \times -0.74 = -0.16 \text{ متراً}$$

مثال ٢:

أ ب جـ مضلع مقفل س ، د نقطتان خارجتان والزاوية أ س د هى ٤٢َ ١٢٨°. والنقط جميعها فى منطقة منجم حديد. قيست الإنحرفات للأضلاع بالبوصلة المنشورية فكانت:

أ ب ١٦َ ١٤٠° ‏ ‏ جـ ب ٣١َ ٨٥° ‏ ‏ جـ أ ٠٨َ ٣٣٣°

أ جـ ٠٥َ ١٧٣° ‏ ‏ ب جـ ٠٩َ ٢٧٣° ‏ ‏ ب أ ٥٧َ ٣٠٧°

والخط أ س يتجه جنوباً تماماً – عين الانحرافات الصحيحة للاتجاهات أ جـ، جـ أ، د س.

الحل:

بالاستعانة بالجدول :

انحراف أ س = ١٨٠° – ٠٨َ ١٦° = ٥٢َ ١٦٣°

انحراف س د = انحراف أ س – (١٨٠° – س)

انحراف د س = انحراف س د + ١٨٠°

= ٥٢َ ١٦٣° + ٤٢َ ١٢٨°

= ٣٤َ ٢٩٢°

الضلع	انحراف أمامي	انحراف خلفي	الفرق	أمامي مصحح	خلفي مصحح	الفرق
أ ب	٦٤٠° ١٦'	٣٠٧° ٥٧'	١٦٧° ٤١'	٦٢٤° ٠٨'	٣٠٤° ٠٨'	١٨٠°
ب جـ	٢٧٢ ٠٩	٨٥ ٣١	١٨٧ ٣٨	٢٦٩ ٢٠	٨٩ ٢٠	١٨٠
جـ أ	٣٣٣ ٠٨	١٧٣ ٠٥	١٦٠ ٠٣	٣٣٦ ٥٧	١٥٦ ٥٧	١٨٠

التصحيح بواسطة الجاذبية المحلية حيث أن المضلع فى منطقة بها منجم حديد والفرق يزيد على ١° .

مسائل

١- أخذت الانحرافات الأمامية والخلفية لمضلع مقفل والمطلوب تصحيحها بطريقة المتوسطات.

الضلع	الانحراف الأمامي		الانحراف الخلفي	
أ ب	٢٧'	١٣٧°	٤٥'	٣١٧°
ب جـ	٥٢	٢٠٥	١٨	٢٥
جـ د	٣٠	٢٧٩	٠٠	١٠٠
د هـ	٠٠	٣٤٤	١٨	١٦٤
هـ أ	١٠	٨٣	١٠	٢٦٣

٢- فى المضلع أ ب جـ د أ كان الانحراف الأمامى لخط أ ب = ٣٠´ ٤٥° وكان الخط ب جـ متجهاً من الغرب إلى الشرق ثم جـ د من الشمال للجنوب وانحراف د هـ الخلفى ٦١°، هـ أ كان متجهاً من الجنوب إلى الشمال وكانت الأطوال المقاسية للأضلاع على التوالي ٥٢ ، ٣٩ ، ٥٦ ، ٧٠ ، ٦٢ متراً ارسم المضلع بمقياس ١ : ١٠٠٠ بعد تصحيحه . وما هى أطوال كل من القطرين أ جـ ، ب هـ : احسب قيمة الزاوية أ د جـ.

٣-خط أ ب انحرافه الافتراضى هو ١٤َ ١٤٨° عين الانحراف المغناطيسى له فى يونيو ١٩٧٩ من المعلومات الآتية:

الشمال الافتراضى ينحرف عن الاتجاه الجغرافى بمقدار ١٢ ' شرقاً ، زاوية الاختلاف فى يناير ١٩٥٤ هى ١٤'' ١٢° غرباً ومعدل التغيير فيها سنوياً هو ١٠ دقائق شرقاً.

٤- فى مكان كانت زاوية التغير ٣٠ 'غرباً سنة ١٧٥٠ ، ٣٧ ' ١° غرباً سنة ١٨٠٠ ، ١٠ ' ٠° غرباً سنة ١٨٥٠ ، ٠٠ ' ١° غرباً سنة ١٩٠٠ ، ٧٠ ' ٤° غرباً سنة ١٩٥٠ ، ٣٠ ' ٤° غرباً سنة ١٩٦٠. فإذا كان الانحراف الحقيقى لخط معين هو ش ٤٠ ' ٣° غ سنة ١٩٧٠ فما هو انحرافه المغناطيسى فى السنوات المذكورة عاليه.

٥- أخذت القراءات الآتية فى مضلع بوصلة. أحسب الانحرافات المصححة واحسب إحداثيات ب إذا كانت إحداثيات أ هى ٢٥٠ شرقاً ، ٧٥ شمالاً.

الخط	الانحراف		الطول (بالمتر)
أ جـ	٠٠َ	٠٠°	١٩٥,٥
أ ب	٥٩	٤٤	١٦٩,٥
ب أ	٠١	٢٢٥	١٦٩,٥
ب جـ	١٠	٣٠٢	١٤١,٧
جـ ب	١٠	١٢٢	١٤١,٧
جـ أ	٠٠	١٨٠	١٩٥,٥

٦- أ- صحح الأرصاد الأصلية التالية التى أجريت بالبوصلة.

أولا - للجاذبية المحلية بالطريقة التقريبية .

ثانياً- هل خطأ القفل مسموح به أم لا إذا كان المعامل ك = ٢٥

ب جـ : ٢٦´ ١٠٢° ، أ جـ : ٢٠´ ١٠٧° ، أ ب : ١٦´ ٤١°

جـ أ : ٤٠´ ٢٨٩° ، ب أ : ٥٨´ ٢١٦° ، جـ ب : ٨´ ٢٧٩°

ب - إذا علم أن الانحراف المغناطيسى لخط فى سنة ١٩١٠ هو ١٢ ' ١٤٨° والانحراف الجغرافى لنفس الخط عام ١٩٣٨ هو ٤١ ' ١٤٦° ومعدل التغير هو أربع دقائق شرقاً سنوياً . ما هى زاوية الاختلاف عام ١٩٠٤ والانحراف المغناطيسى للخط فى هذا العام.

٧- أ ب جـ د هـ مضلع قيست أطوال أضلاعه فكان ٤٥,٠ ، ٤٠,٠ ، ٧٠,٠ ، ٤٠,٠ ، ٦٠,٠ متراً على التوالى رصدت الانحرافات الأمامية والخلفية للخطوط فكانت على التوالى ٢٠´ ٢٧٠° ، ٣٠´ ٨٩° ، ٠٠´ ١٨١° ، ٠٠´ ٣٥٩° ، ١٥´ ٦٠° ، ٤٥´ ٢٣٩° ، ٤٥´ ١٤٩° ، ١٥´ ٣٣٠° ، ٠٠´ ٢١١° ، ٢٩°.

ارسم المضلع على ورقة المربعات بمقياس ١ : ١٠٠٠ بواسطة توقيع الزوايا الداخلية وصححه. ما نسبة خطأ القفل وهل مسموح به إذا كان المضلع فى أرض وعرة.

٨- رصد الانحراف الجغرافى لقمة مئذنة من محطة مثلثات فوجد أنها : ٢٠´ ٣٤٦° . وفى وقت معين من اليوم أخذ الانحراف المغناطيسى لنفس الخط فوجد أنه ٢٣´ ٣° . وفى اليوم التالى وفى نفس الوقت المعين أجريت مساحة تحت أرضية لخط ورصدت بالبوصلة نفسها ووجد أن الانحراف للخط ٣٠´ ١٩٥° . احسب (أ) الاختلاف المغناطيسى (ب) الانحراف الجغرافى للخط تحت الأراضى.

٩- أ ب جـ مضلع أجرى ببوصلة منشورية وكانت الأطوال والانحرافات كما يلى:

الضلع	الطول	الانحراف
أ ب	١٥٠ متراً	٢٠َ ١٣٤°
ب جـ	٢٧٥ متراً	٤٥َ ٢١٨°
جـ د	١٧٣ متراً	١٤َ ٢٨٨°

ما هو طول وانحراف الخط الواصل بين منتصف د جـ ، ص التى على أ ب وتبعد عن ب بمقدار ١٠٠ متر.

١٠- الانحرافات المبينة أدناه أخذت بالبوصلة والمطلوب تصحيحها ثم استنتاج الانحرافات الصحيحة المختصرة أ ب = ١٤َ ٤٥°، ب جـ= ٠٠َ ١٢٠°، جـ د = ١٥َ ٣١٠°، د أ = ٣١٥°، ب أ = ٣٠َ ٢٢٥°، جـ ب = ٢٩٩°، د جـ = ٠٠َ ٣١°، أ د = ١٣٥°. أوجد أيضاً الزوايا بين الأضلاع وحقق مجموعها.

١١- لرفع منطقة ملحقة بأحد المصانع أجرى المضلع أ ب جـ بالبوصلة فكانت الأرصاد كما يلى:

أ ب : $\frac{١}{١٦}$ ١٤١° ، أ جـ : $\frac{١}{٤}$ ٢١٦° ، جـ ب : ٩٣° ،

ب جـ : $\frac{١}{٢}$ ٢٧١° ، جـ أ : $\frac{١٣}{١٦}$ ٣٢° ، ب أ : $\frac{٧}{٨}$ ٣١٥°

وعند نقطة أ رصد انحراف محور شارع أ هـ فوجد أنه يتجه إلى الشمال تماماً ما هى الانحرافات الصحيحة لأضلاع المضلع وكذلك الانحراف الصحيح لمحور الشارع أ هـ .

١٢- أخذت الأرصاد الآتية فى مساحة ببوصلة لإيجاد المساحة التقريبية لمساحة مغطاة بفضلات.

احسب الأرصاد المصححة للجاذبية المحلية. وقع المضلع بمقياس ١ : ٢٥٠٠ وصحح الشكل بالرسم . ثم أوجد مساحة المنطقة بتقسيمها إلى مثلثات.

الخط	الانحراف الأمامي	الانحراف الخلفي	الطول (بالمتر)
أ ب	ش ١٠' ٥٧° ق	جـ ٢٠' ٥٨° غـ	٢٧٥
ب جـ	ش ٤٠ ٨١ ق	جـ ٠٠ ٧٨ غـ	٤١٤
جـ د	جـ ٣٠ ١٥ ق	ش ٣٠ ١٥ غـ	٢٨٢
د هـ	جـ ٢٠ ١٠ غـ	ش ٠٠ ١٢ ق	٢٠٢,٥
هـ و	جـ ٥٠ ٧٨ غـ	ش ٠٠ ٧٦ ق	٢٧٠
و ل	ش ٣٠ ٦٩ ق	جـ ٣٠ ٦٨ غـ	٤٧٥
ل أ	ش ١٠ ٢٢ غـ	جـ ٣٠ ١٩ ق	١٩١,٥

١٣- الانحراف الجغرافى لخط هو ١٤ ٤° والانحراف المغناطيسى لخط آخر هو ٢٧٧° ، فإذا كانت زاوية الاختلاف هى ٢١ ' ٦° غرباً فما هو الانحراف المغناطيسى للخط الأول وما هو الانحراف الجغرافى للخط الثانى.

١٤- زاوية الاختلاف المغناطيسى في منطقة ما ١٠َ ٥° غرباً . ماهو الانحراف المغناطيسى للشمال الحقيقي والجنوب الحقيقى والشرق الحقيقى.

١٥- إذا كان الاختلاف المغناطيسى عند مدينة الإسكندرية سنة ١٩٤١ يساوى ٢١َ ٨° شرقاً ومن الخرائط المغناطيسية للتغيير وجد أن معدل التغير السنوى يساوى ٤ دقائق شرقاً ما مقدار الانحراف المغناطيسى لخط عام ١٩٧٨ إذا كان انحرافه المغناطيسى سنة ١٩٤١ يساوى ٦١°. ، ما الانحراف الحقيقى لخط آخر قيس انحرافه المغناطيسى سنة ١٩٥٢ فكان ٢٤ دقيقة.

الباب الرابع
المساحة باللوحة المستوية
البلانشيطة
Plane Table Surveying

يطلق اسم اللوحة المستوية أو البلانشيطة على عدة أدوات مساحية تستخدم فى مجموعها فى عمليات رفع الخرائط التفصيلية والطبوغرافية رفعاً سريعاً سهلاً ولكنه ليس دقيقاً وتعرف طريقة الرفع هذه باسم المساحة "باللوحة المستوية" وأحياناً يطلق عليها "الرفع بالبلانشيطة" (Plane sheet).

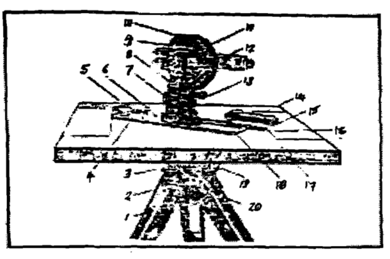
استعمالات اللوحة المستوية :

يمكن باللوحة المستوية رفع الحدود والتفاصيل والمضلعات مباشرة من الطبيعة ومن ثم إنشاء الخرائط التفصيلية من واقع عمل الغيط وبدون أية حسابات وكذلك عمل الخرائط الكنتورية.

الأدوات المستعملة فى اللوحة المستوية : (شكل ٤٤).

١- اللوحة الخشبية:

وهى عبارة عن لوحة مصنوعة من الخشب الجيد المتين مستوية السطح ، وهى إما مربعة أو مستطيلة الشكل (٤٤) تتراوح أبعادها ما بين ٤٠ X ٥٠ سنتيمتر و ٦٠ X ٨٠ سنتيمتر. ويتصل سطحها السفلى بقاعدة معدنية (١٩) بها ثلاث مسامير للتسوية (٣) والغرض من القاعدة تثبيت اللوحة فى الحامل (٢) وهى عبارة عن لوحين معدنيين مثلثين وبينهما مسامير التسوية الثلاث لجعل اللوحة أفقية . ويتصل مسمار حلزونى (١) بالقاعدة المعدنية لتثبيتها فى حامل ذو ثلاث شعب (٢٠).



شكل رقم (٤٤)

٢- الحامل:

وهو حامل خشبي ذو ثلاث شعب (٢٠ - شكل ٤٤) كل شعبة منها تنتهى بطرف مدبب ليسهل غرسها فى الأرض ويربط رأس الحامل فى القاعدة الموجودة أسفل اللوحة الخشبية حتى لا تحدث حركة دوران اللوحة أثناء العمل .

٣- الأليداد:

أليداد البلانشيطة من أهم الأدوات المستعملة فى طريقة عمل المساحة باللوحة المستوية وأنواعه كثيرة والعمل الرئيسى للأليداد هو تعيين الاتجاهات الأساسية الواصلة بين النقط المرصودة وبين موضع اللوحة المستوية مباشرة ، وكذلك تحديد المسافات بين النقط المرصودة وموضع اللوحة.

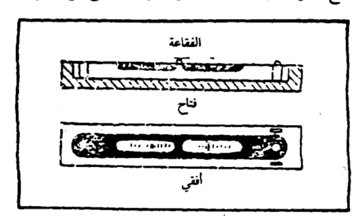
أنواع الأليداد:

(أ) أبسط أنواع الأليداد عبارة عن مسطرة حرفاها مستقيمان وأحدهما مشطوف. ويتصل بهذه المسطرة اتصالاً مفصلياً من عند طرفيها ذراعان بأحدهما شرخ رأسي وبالآخر شباك يتوسطه شعرة رأسية - ويستعمل الذراعان فى التوجيه الأساسى حيث يمكن تمثيل ورسم الخط الواصل بين موضع اللوحة وبين الهدف. ويستعمل هذا النوع البسيط - ويطلق عليه مسطرة التوجيه فى المسافات القريبة.

(ب) غالبا ما تكون المسافات بين الأهداف وموضع اللوحة كبيرة جداً وحينئذ يفضل استعمال الأليداد الحديث ذو المنظار - وهو عبارة عن مسطرة من الصلب أو النحاس (٤) مركب عليها قائم عمودي (٨) وفي أعلاه منظار مساحي (١٢) يدور حول محور أفقي في المستوى الرأسي - والمنظار مركب بحيث إذا كانت مسطرة الأليداد أفقية تماماً فإن خط النظر يرسم مستوى رأسي يقطع اللوحة عند حافة هذه المسطرة (٦) ويوجد أحياناً على قاعدة القائم الرأسي للأليداد ميزان تسوية دائري (٥) .

٤- ميزان التسوية:

وهو إما مستطيل في أغلب أحواله أو مستدير الشكل . وميزان التسوية الطولي يتركب من أنبوبة زجاجية بها كحول سائل وفقاعة من بخار الأثير وتوضع عادة داخل صندوق من النحاس قاعدته مسطحة تماماً شكل (٤٥) فإذا وضع الميزان على سطح أفقي ثبتت الفقاعة في منتصف الأنبوبة - وإذا وضع ميزان التسوية على سطح مائل اتجهت الفقاعة نحو الطرف الأعلى من الأنبوبة.

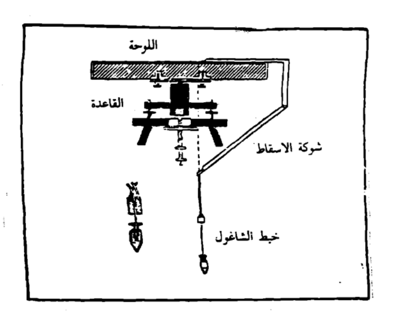


شكل رقم (٤٥)

٥- شوكة الإسقاط:

عبارة عن إطار معدني رفيع له ثلاثة أضلاع متصلة، اثنان منها متعامدان ويميل الثالث بزاوية أكبر من القائمة قليلاً شكل (٤٦) - وينتهي أحد الأضلاع بسن رفيع يبين موقع النقطة المطلوب رفعها من الطبيعة إلى لوحة الرسم أو النقطة

المطلوب إسقاطها من اللوحة إلى الأرض وينتهى الطرف الآخر بانحناء دائرى لتعليق خيط التسامت منه - ويجب أن يكون سن الثقل مع سن الشوكة المدبب فى خط رأسى واحد - ويعلق أسفل شوكة الإسقاط خيط وثقل شاغول لإتمام عملية التسامت كما فى شكل (٤٦) .



شكل رقم (٤٦)

٦- بوصلة التوجيه :

تتركب بوصلة التوجيه من صندوق مستطيل الشكل (١٤ - شكل ٤٤) سطحه العلوى من الزجاج ويوسطه محور رأسى مدبب ترتكز عليه إبرة مغناطيسية وتحت طرفى الإبرة قوسان مدرجان صفر التدريج فى كليهما فى المنتصف - بحيث أن الخط الواصل بين صفرى التدريج يمر بمركز دوران الأبرة ويوازى طول الصندوق - وتوجد أحياناً أسفل الإبرة راقعة تستعمل لوقف حركة الإبرة.

والغرض الأساسى من البوصلة هو تحديد اتجاه الشمال المغناطيسى على اللوحة المرسومة وعند استعمال البوصلة لتحديد الشمال نحركها فوق اللوحة حتى نحصل على الوضع الذى يقف فيه سن الإبرة عند صفر المقياس فيكون اتجاه جانب علبة البوصلة هو اتجاه الشمال المغناطيسى.

شروط الضبط للأدوات المستعملة فى اللوحة المستوية :

تنقسم هذه الشروط إلى نوعين:

أولاً - شروط الضبط ادائم:

وهى الشروط الواجب توافرها فى اللوحة المستوية ، ومن الواجب اختبار صحتها على فترات من الوقت.

ثانياً - شروط الضبط المؤقت:

وهى الشروط التى يجب توافرها عند استعمال اللوحة المستوية - وتتم فى كل مرة تستعمل فيها للرصد.

أولاً - شروط الضبط الدائم:

الخطوات اللازمة لتحقيق شروط الضبط الدائم فى اللوحة المستوية هى:

١- استقامة حافة مسطرة الأليداد :

نرسم بواسطة حافة الأليداد خطاً مستقيما ثم نعكس وضع الأليداد ١٨٠° ونطبق حافة الأليداد على نهايتى الخط المرسوم - فإذا انطبقت حافة الأليداد جميعها على الخط دل ذلك على استقامة حافة المسطرة وإلا فتصلح الحافة - وتعاد التجربة.

٢- ضبط حامل الشعرات فى منظار الأليداد :

ويتم ذلك على خطوتين:

الأولى وهى جعل الشعرة الرأسية لحامل شعرات الأليداد فى وضع رأسى تماماً.

والثانية وهى جعل خط النظر عمودياً على المحور الأفقى لدوران المنظار.

أ- جعل الشعرة الرأسية فى وضع رأسى:

بعد إجراء ضبط الأفقية فى اللوحة المستوية يوضع فوقها الأليداد ويوجه

المنظار نحو نقطة ثابتة بحيث نجعل هذه النقطة عند الطرف الأعلى للشعرة الرأسية وباستعمال مسمار الحركة البطيئة الرأسية (١٣ - شكل ٤٤) نحرك منظار الأليداد في المستوى الرأسي - فإذا ظهرت النقطة المرصودة تسير باستمرار على الشعرة الرأسية كان حامل الشعرات مضبوطاً - أما إذا بعدت النقطة عن الشعرة الرأسية كان حامل الشعرات في وضع غير صحيح - ولذا تفك المسامير المثبتة لحامل الشعرات ويدار إلى الجهة التي تظهر فيها النقطة المرصودة - ويكرر العمل حتى تضبط الشعرة تماماً.

ب - جعل خط النظر عمودياً على المحور الأفقي لدوران منظار الأليداد:

يعرف خط النظر بأنه الخط الواصل بين نقطة تقاطع الشعرتين الأفقية والرأسية ومركز العدسة الشيئية في المنظار - والمطلوب هو تحقيق تعامد هذا الخط مع المحور الأفقي لدوران المنظار ، لذلك يعلق خيط شاغول في حائط (يغمر الشاغول في إناء به ماء لثباته) تضبط اللوحة المستوية أفقية وعلى بعد مناسب من خيط الشاغول ونضع الأليداد فوق اللوحة ونوجه منظاره إلى أعلى الخيط وبواسطة مسمار الحركة ونحرك المنظار من أعلى إلى أسفل فإذا تحركت نقطة تقاطع الشعرات على الخيط حتى تصل إلى أفق الجهاز كان هذا الشرط صحيحاً. أما إذا ابتعدت نقطة تقاطع الشعرات عن الخيط فذلك يدل على أن المستوى الرأسي الذي يتحرك فيه خط النظر لا يكون متعامداً مع المحور الأفقي لدوران المنظار.

وللتصحيح نحرك الشعرة الرأسية موازية لنفسها باستعمال المسمارين الأفقين المثبتين لحامل الشعرات مع ملاحظة عدم إدارة هذا الحامل بحيث تقترب نقطة تقاط الشعرتين من الخيط حتى تصل إلى منتصف المسافة بينهما - ونكرر العمل للتأكيد.

٣- ضبط حافة المسطرة مع المستوى الرأسي لدوران خط النظر:

بعد إتمام أفقية اللوحة المستوية بوضع شاخص على بعد مناسب منها ، ثم يرصد هذا الشاخص بواسطة منظار الأليداد بضبط تقاطع الشعرتين عليه، وبدون

تحريك الأليداد يرصد الشاخص مرة أخرى على امتداد حافة المسطرة فإذا ظهر الشاخص على استقامة حافة المسطرة كان الجهاز صحيحاً - وإلا فيجب تصحيحه بالطريق المناسب حسب تصميم الجهاز.

ثانياً - شروط الضبط المؤقت للوحة المستوية:

وهوم ما يجب إجراؤه عند استعمال اللوحة المستوية للرفع ويشمل:

أ- أفقية اللوحة المستوية.

ب - التسامت.

أ- أفقية اللوحة المستوية:

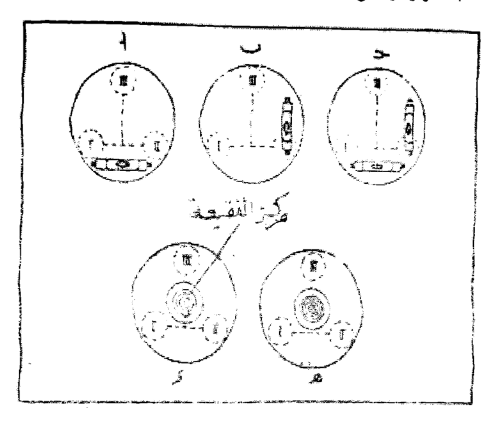
تثبت أرجل الحامل جيداً مع جعل اللوحة المستوية أفقية تقريبية - ويوضع ميزان التسوية موازياً لمسمارين من مسامير التسوية فى القاعدة شكل (٤٧) وندير المسمارين (I) + (II) معاً إلى الداخل وإلى الخارج حتى تصير الفقيعة فى المنتصف (أ).

وندير بعد ذلك ميزان التسوية حتى يأخذ الوضع الثانى متعامداً على الوضع الأول (ب) ونحرك مسمار التسوية الثالث (III) حتى تصير الفقيعة فى المنتصف وتكرر العملية مرة أخرى للتأكد بحيث نحصل دائماً على الفقيعة مضبوطة فى المنتصف تماماً فى أى اتجاهين متعامدين (جـ) أما إذا كان ميزان التسوية من النوع الدائرى فنجعل الفقيعة أولاً فى منتصف المسافة بين المسمارين (I) , (II) شكل (٤٧ - د) وبعد ذلك نحرك المسمار الثالث (III) حتى تصير الفقيعة في مركز الدائرة تماماً (هـ) وذلك بدون تحريك ميزان التسوية الدائرى.

ب - التسامت:

معنى التسامت أن تكون النقطة المعنية على اللوحة مسامتة تماماً للنقطة النظيرة الموجودة فى الطبيعة - وباستعمال شوكة الإسقاط شكل (٤٦) تتم عملية

التسامت فنحرك شوكة الإسقاط حتى سن الثقل يحدد موقع النقطة المثبتة بوتد مثلاً - فيحدد سن الشوكة المدبب فوق اللوحة موقع هذه النقطة على الخريطة - ونضغط بسن القلم أو بدبوس مكان طرف الشوكة فتتعين على الخريطة النقطة المقابلة لمركز الوتد فى الطبيعة.



شكل رقم (٤٧)

جـ - التوجيه الأساسى:

وهو عبارة عن توجيه اللوحة المستوية بحيث تكون الخطوط فى الطبيعة موازية لنظائرها فى اللوحة الورق - وسيشرح التوجيه الأساسى بالتفصيل عند تناول طرق الرفع المختلفة.

طرق الرفع باللوحة المستوية:

هناك أربع طرق مستعملة للرفع باستخدام اللوحة المستوية - وقد تختلف هذه الطرق من حيث اختيارها على:

(أ) طبيعة وطبوغرافية الأرض المراد رفعها.

(ب) ظروف العمل وإمكان استخدام أياً من هذه الطرق إذ أن لكل طريقة شروطاً معينة ومقياس الرسم المطلوب ونوع الخريطة.

وهذه الطرق هي:

١- طريقة الإشعاع (الثبات).

٢- طريقة التقاطع الأمامي.

٣- طريقة التقاطع العكسي.

٤- طريقة الدوران (الترافرس).

١- طريقة الإشعاع: (الثبات)

ويشترط فيها إمكان رؤية جميع نقط المضلع من نقطة واحدة - وكذلك إمكان قياس الأطوال بين نقط المضلع وهذه النقطة بدون وجود عقبات.

فإذا كان لدينا المضلع أ ب جـ د هـ شكل (٤٨) وأنه في إمكاننا رؤية نقط المضلع جميعها من نقطة مثل م والأرض مستوية تقريباً دون عقبات - فلرفع المضلع المذكور تتبع الخطوات التالية:

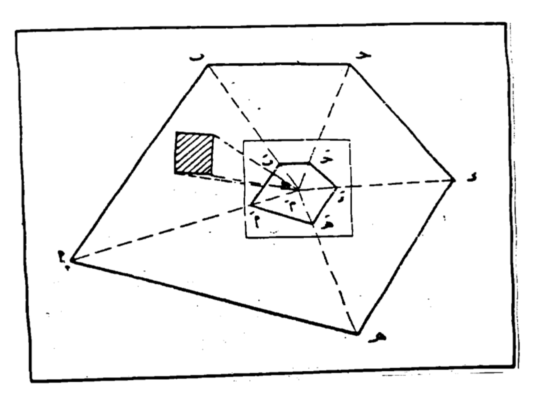
١- نضع اللوحة المستوية فوق النقطة م - وتضبط أفقياً وبواسطة شوكة الإسقاط نعين مَ في اللوحة مناظرة تماما للنقطة م . أي تضبط اللوحة ضبطاً مؤقتاً عند النقطة م.

٢- تربط اللوحة ومن مَ ترسم أشعة إلى نقط المضلع أ ، ب ، جـ ، د ، هـ بعد التوجيه عليها توجيهاً أساسياً ثم تقاس الأطوال الأفقية للخطوط م أ ، م ب ، م جـ ، م د ، م هـ في الطبيعة بالشريط (وقد تقاس بالقياس التاكيومتري).

٣- بمقياس الرسم المناسب توقع أطوالها على اللوحة فتتعين بذلك النقط أَ ، بَ ، جَ ، دَ ، هـَ .

٤- نصل هذه النقط بعضها البعض على التوالى لينتج المضلع.

وتمتاز هذه الطريقة بأن الراصد يحتاج إلى نقل اللوحة المستوية من مكان لآخر، وإن كان يعيبها عدم التحقيق وبالتالى عدم الدقة.



شكل رقم (٤٨)

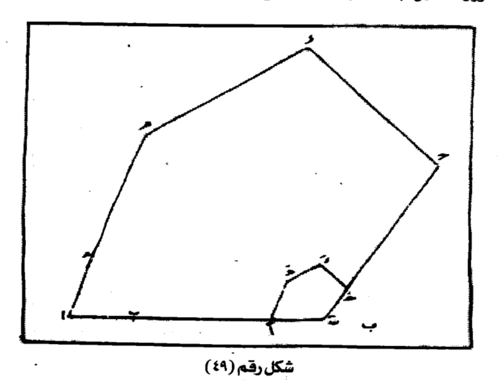
٢- طريقة التقاطع الأمامى:

يشترط فى هذه الطريقة إمكان رؤية جميع نقط المضلع من نقطتين سواء كانت هاتين النقطتين من نقط المضلع أو خلافها - ويعرف الخط الواصل بين النقطتين فى هذه الطريقة بخط القاعدة.

فإذا كان لدينا المضلع أ ب جـ د أ شكل (٤٩) وأنه أمكننا رؤية نقط المضلع جميعها من كلا النقطتين أ ، ب فإننا نتبع الآتى لإتمام عملية الرفع:

١- نضع اللوحة فوق أ ونعين أ فى الورقة بحيث تأخذ اللوحة وضعاً مناسباً للشكل بالطبيعة وتربط اللوحة الخشبية ، من أ نرسم الأشعة بواسطة الأليداد إلى النقط ب ، جـ ، د ، هـ فى الطبيعة.

٢- يقاس خط القاعدة أ ب بدقة تامة ثم يوقع طول للقاعدة أ ب على اللوحة الورق فتتعين بَ المناظرة للنقطة ب فى الطبيعة شكل (٤٩).



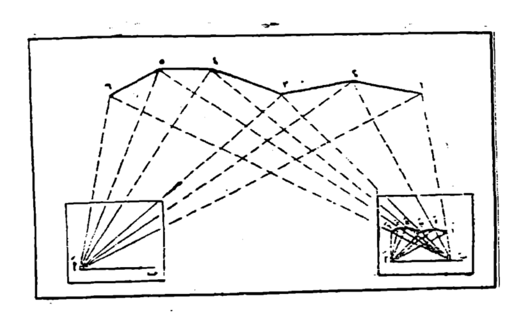
شكل رقم (٤٩)

٣- تنقل اللوحة المستوية إلى النقطة ب (الطرف الآخر من خط القاعدة) بحيث تتم الاشتراطات المؤقتة للقياس وهى أفقية اللوحة - تسامت النقطة بَ المعينة على اللوحة تماماً للنقطة ب الموجودة فى الطبيعة - التوجيه الأساسى للوحة بحيث يكون الشعاع أَ بَ الموقع على اللوحة فى مستوى رأسى واحد مع أ ب (القاعدة) الموجودة فى الطبيعة وفى هذه الحالة تكون اللوحة موجهة توجيهاً أساسياً.

٤- تربط اللوحة وترسم من ب الأشعة الأولى المرسومة من أَ وتعـين مـوضع النقط جـَ ، دَ ، هـَ على اللوحة.

٥- نوصل النقط أَ ، بَ ، جـَ ، دَ، هـَ ببعضها فينتج المضلع المطلوب.

ومن الممكن الاستفادة من طريق التقاطع الأمامى فى تعيين الحدود ورفعها من الطبيعة مباشرة دون الحاجة إلى إقامة المضلعات التى تحصر المناطق المراد رفعها. وفى شكل (٥٠) يوضح عملية رفع الحد المتكسر ١ -٦ باستخدام هذه الطريقة وفى هذه الحالة لدينا أ ب هو خط القاعدة وهو الخط الوحيد الذى يجب قياسه وتحديد طوله بدقة تامة.



شكل رقم (٥٠)

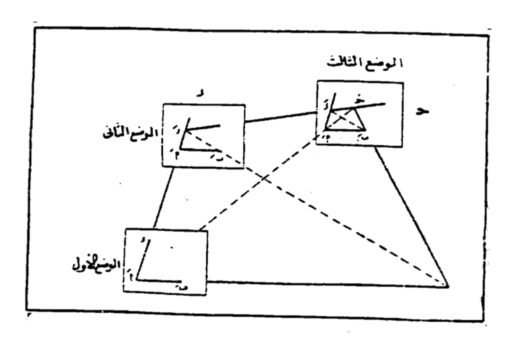
٢- طريقة التقاطع العكسى:

تشبه هذه الطريقة - الطريقة السابقة (طريقة التقاطع الأمامى) - غير أن الفرق بينهمـا هو أنه فى طريقـة التـقطاع العكسى يتم تقـاطع الشـعـاعـين فى النقطة الموضوعة فيها اللوحة المستوية.

وأهم مميزات هذه الطريقة هو الاستغناء عن قياس أغلب خطوط المضلع يمكن كذلك تحقيق العمل بها فى الغيط مباشرة.

فإذا كان المضلع أ ب جـ د هو الشكل المراد رفعه بهذه الطريقة شكل (٥١) فيتبع الآتى لإتمام عملية الرفع.:

١- توضع اللوحة المستوية فى النقطة أ تماماً وبعد ضبط الأفقية وإتمام التسامت تعين النقطة أَ فى اللوحة الورق ، تربط بعد ذلك اللوحة ويرسم من أَ شعاعان إلى ب ، د ثم يقاس أ ب فى الطبيعة ويوقع طوله على الشعاع المناظر له على اللوحة فتتعين بَ .



شكل رقم (٥١)

٢- تنقل اللوحة المستوية وتثبت فوق د مراعين أفقية اللوحة وتسامت أى نقطة من نقط الشعاع أَ د للنقطة د فى الطبيعة بحيث يكون بعد هذه النقطة عن أَ باللوحة الورق مساوياً بمقياس الرسم المستعمل للطول أ د فى الطبيعة تقريباً . ويشترط أن يكون الشعاع دَ أَ باللوحة الورق منطبقاً على نظيره د أ فى الطبيعة كما فى شكل (٥١).

٣- تربط اللوحة وتثبت دبوساً فى نقطة ب َ وننظر بالأليداد مع ملامسة مسطرة للدبوس تماماً ودائماً إلى النقطة ب فى الطبيعة ونرسم ب ب َ حتى يقطع الشعاع أ َ د َ وتكون د َ هى النقطة المناظرة للنقطة د فى الطبيعة.

٤- تثبت دبوس د َ ،وبنفس الطريقة نرسم المستقيم د َ جـ - وتنقل اللوحة المستوية وتثبت فوق جـ مراعين الشروط المؤقتة للوحة المستوية ومن ب َ نرصد ب فى الطبيعة ونرسم إمداد ب َ ليقابل الشعاع د َ جـ فى نقطة جـ َ لتكون مناظرة فى اللوحة الورق للنقطة.

ويمكن التحقق من صحة العمل بتثبيت دبوساً فى أ َ واللوحة المستوية فى وضعها الأخير فوق جـ ونرصد نقطة أ فى الطبيعة فإذا مر امتداد أ أ َ بالنقطة جـ َ كان العمل صحيحاً وإلا فيعاد العمل ثانية.

٤- طريقة الدوران (الترافرس):

تعتبر طريقة الدوران (الترافرس) أحسن طرق الرفع للمضلعات باللوحة المستوية وتستخدم فى رفع الخرائط التفصيلية ذات المقاييس الكبيرة.

ويشترط فى هذه الطريقة إمكان رؤية كل نقطة من النقط التى تلحقها والأخرى التى تسبقها. كما يشترط للحصول على الدقة المطلوبة قياس أطوال جميع خطوط المضلع بدقة تامة والعناية التامة بعملية التوجيه الأساسى.

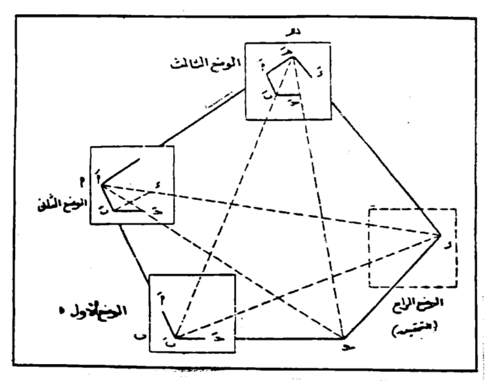
ويمكن تلخيص خطوات العمل بهذه الطريقة فيماياتى:

١- قياس أطوال المضلع بدقة كافية.

٢- توضع اللوحة المستوية فوق أى نقطة من نقط المضلع مثل ب ونعين ب َ على اللوحة الورق مراعين شروط الضبط المؤقت وتربط اللوحة جيداً شكل (٥٢).

٣- نضع حروف الأليداد على ب َ ونرصد أ فى الطبيعة ونوقع ب َ أ َ على اللوحة الورق بمقياس الرسم المستعمل فتحدد أ َ، وتتعين نقطة جـ بنفس الطريقة. ثم نرسم أشعة لأى نقطة أخرى مثل هـ ، د لاستعمالها فى تحقيق العمل.

٤- تنقل اللوحة المستوية إلى النقطة التالية من نقط المضلع أ وترفع النقطة أ تجرى عملية التوجيه الأساسى ليكون أ ب فى الخريطة موازيا نظيره فى الطبيعة وكذلك أ َ د َ على اللوحة الورق موازياً نظيره فى الطبيعة وبعد ذلك نرسم شعاعاً إلى هـ وتوقع هـ َ بقياس الطول أ هـ .



شكل رقم (٥٢)

٥- للتحقق نرسم شعاعاً إلى د وآخر إلى جـ ، ويجب أن يمر الشعاع إلى جـ بتقربة جـ َ السابق توقيعها من ب أما تقاطع الشعاعين من أ ، ب إلى د فيعين مكان د.

ويلاحظ أن أهم عيوب هذه الطريقة أنها أكثر جهدا من الطرق الثلاثة الأخرى حيث أننا نكررر فى كل مرة وفى كل نقطة عملية التوجيه الأساسى والتسامت والأفقية.

مزايا الرفع باللوحة المتسوية:

١- فى اللوحة المستوية نحصل على جميع المعلومات اللازمة والتفاصيل لرفع ورسم الخرائط للمنطقة المرفوعة من الغيط مباشرة دون اللجوء إلى حسابات.

٢- يمكن إجراء عمليات التحقيق مباشرة بمقارنة القياسات المأخذوة فى الطبيعة بما يقابلها على الخريطة كما يستغنى فيها عن قياس الزوايا.

٣- تعتبر هذه الطريقة من أسرع طرق الرفع فى الاستعمالات المختلفة فمثلاً للخرائط ذات المقاييس الكبيرة (١:٥٠٠، ١:١٠٠٠) تستعمل طريقة الترافرس فنحصل على الخريطة بدقة كافية. والخرائط ذات المقاييس الصغيرة نسبياً (١:٢٥٠٠ ، ١: ١٠٠٠٠) تستعمل طريقة التقاطع الأمامى لسهولتها وسرعتها.

عيوب الرفع باللوحة المستوية:

١- لا تستعمل فى مناطق الغابات والأراضى ذات الطبوغرافية الشديدة.

٢- لا يمكن الرفع باللوحة المستوية فى الأجواء الممطرة والرطبة لذلك يقل استخدام اللوحة المستوية فى معظم بلدان أوروبا.

٣- ثقل الأدوات المستعملة وعيوبها الآلية الكثيرة تحد من استعمال الرفع باللوحة المستوية فى الأعمال المساحية التى تتطلب دقة عالية.

مصدر الأخطاء فى الرفع للوحة المستوية:

١- انكماش اللوحة الورق وما ينتج عنه من أخطاء فى القياسات من اللوح مباشرة (راجع انكماش الخرائط ف باب الخرائط المساحية).

٢- عيوب الدقة فى قياس وتوقيع الأبعاد على الخريطة.

الباب الخامس

الخرائط المساحية

Surveying Maps

إن من أهم الواجبات الأساسية فى علم المساحة هو عمل خرائط بمقاييس رسم مختلفة لتفى أغراضاً كثيرة ، وتبحث المساحة المستوية والتى نحن بصددها عمل نوعين أساسيين من الخرائط هما الخرائط الطبوغرافية والخرائط التفصيلية.

أولاً: الخرائط الطبوغرافية :(Topographic Maps)

وهى الخرائط التى تبين المعالم الأساسية بالمنطقة كحدود البلاد والمشاريع الصناعية وطبوغرافية المنطقة ممثلة فى خطوط الكنتور أو مناسيب النقط الأساسية كما سيأتى بعد. كما تبين أيضاً التفاصيل الطبيعية والإنشائية.

وترسم هذه الخرائط بمقياس رسم صغير وغالباً ما يكون ١: ٢٥٠٠٠ ويتراوح مقياس الرسم بها عموماً ما بين ١ : ٥٠٠٠ إلى ١ : ١٠٠٠٠٠.

وأهم استعمالات الخرائط الطبوغرافية هى:

١- التخطيط العام للمشاريع الهندسية فهى لازمة لعمليات حصر الأراضى والتخطيط لمشروعات الري والصرف وغيرها.

٢- الدفاع القومى والأغراض العسكرية .

٣- تحسين موارد الإنتاج للمعادن وغيرها - فهذه الخرائط ضرورية فى حالة البحث عن أماكن المعادن والبترول والغازات الطبيعية والخامات المختلفة وتعرف حينئذ بالخرائط الجيولوجية.

٤- تخطيط الطرق والمدن والمطارات وتآكل التربة ومقاومة الفيضانات واختيار مواقع أبراج نقل التيار الكهربائى ذى الجهد العالى.

٥- تعتبر الأساس الأول لإنشاء خرائط ذات مقياس كبير لأجزاء المنطقة.

ثانياً - الخرائط التفصيلية (كادستريالية):(Cadastral Maps)

وهى خرائط توضح حدود وتفاصيل الملكيات الزراعية والعقارية وتسمى عادة فى مصر الخرائط التفصيلية ١: ٥٠٠، ١: ١٠٠٠ بخرائط تفريد المدن بينما تسمى الخرائط التفصيلية ١: ٢٥٠٠ بالخرائط الزراعية أو خرائط فك الزمام.

وتستعمل الخرائط التفصيلية فى أغراض عديدة منها:

١- تحديد ملكيات الأراضى الزراعية والعقارات .

٢- تحديد الضرائب المستحقة على الزمامات والأملاك.

٣- تقسيم الأراضى والملكيات وتعديل الحدود بين الملكيات المختلفة.

٤- التخطيط النهائى للمشاريع وتفصيلاتها.

وبالإضافة إلى هذين النوعين من الخرائط توجد وتعمل خرائط أخرى أنواعها كثيرة لأغراض خاصة فهناك خرائط جيولوجية وجغرافية وخرائط جيوفيزيقية وخرائط ملاحية وغيرها وسنقتصر فى هذا المجال ونحن بصدد المساحة المستوية على النوعين وهما الخرائط الطبوغرافية والخرائط التفصيلية.

وسوف نتناول بالشرح فى هذا الباب أهم المتطلبات اللازمة للخرائط المساحية مثل مقياس الرسم اللازم لعمل الخريطة وطرق رسم وتكبير وتصغير ونسخ الخرائط وانكماش الخرائط وترتيب الخرائط بالنسبة لبعضها وغيرها من الموضوعات الهامة والخاصة بالخرائط المساحية.

مقياس الرسم للخريطة

من الطبيعى أنه لا يمكن رسم خرائط لمناطق معينة بأبعادها الطبيعية ولذلك تصغر هذه الأبعاد بنسبة ملائمة تتوقف على :

١- نوع الخريطة من حيث الغرض التى تنشأ من أجله.

٢- أهمية العمل المراد إنشاء ا لخريطة له.

٣- أبعاد اللوحة التى ترسم عليها الخريطة.

ولذا يجب تحويل الأبعاد في الطبيعة إلى نسبة معينة منها تسمى بمقياس رسم الخريطة أو مقياس الرسم. أى أن مقياس الرسم هو النسبة الثابتة بين طول أى بعد على الخريطة والطول المقابل له فى الطبيعة.

أنواع المقاييس:

المقاييس المستخدمة عادة فى الخرائط المساحية نوعان:

(أ) عددية

(ب) تخطيطية.

أ- المقياس العددى:

هو نسبة ثابتة ويبين بكسر اعتيادى بسطه الواحد ومقامه العدد الدال على مقدار الطول الطبيعى المساوى له فإذا كان لدينا بعد بين نقطتين فى الطبيعة هو ٤٠ متراً بينما هو فى الخريطة ١ سم = ٤٠ متر ويكون مقياس الرسم هو ١:٤٠٠٠ كنسبة وأحياناً $\frac{١}{٤٠٠٠}$ ككسر اعتيادى

وقياساً على هذا فنجد مقاييس مختلفة مستعملة مثل : $\frac{١}{١٠٠}$ ، $\frac{١}{٥٠٠}$ ، $\frac{١}{١٠٠٠}$ أو ١ : ١٠٠ ، ١: ٥٠٠ ، ١:١٠٠٠ ، ١:٢٥٠٠ وهكذا .

ب - المقياس التخطيطى:

لتعيين الأطوال على الخريطة لا بد لنا من إجراء عمليات حسابية من الأطوال فى الطبيعة - لذلك يمكننا الاستغناء عن العمليات الحسابية كل مرة وذلك برسم مقياس الرسم للخريطة بطريقة معينة وتعين منه الأطوال مباشرة ويسمى المقياس فى هذه الحالة بالمقياس التخطيطى ومزاياه كثيرة وهى:

١- أسهل من المقاييس العددية وخصوصاً إذا كانت القطعة المراد رسمها تتكون من خطوط كثيرة.

٢- تسهيل العمل وتوفير الوقت وقلة الخطأ.

٣- يرسم المقياس فى أسفل الخريطة وبذا يتلاشى تأثير التمدد والانكماش على الأطوال المعينة بالمقياس التخطيطى إذ أن المقاييس العددية لا تعطى نتائج صحيحة عند قياس أى بعد على الخريطة وتحويله إلى البعد المقابل فى الطبيعة نظراً لما يطرأ على الخريطة من التمدد أو الانكماش فى حين أن المقياس التخطيطى يكون تحت نفس العوامل والظروف المؤثرة على الخريطة نفسها.

وتنقسم المقاييس التخطيطية إلى قسمين:

مقاييس طولية بسيطة ومقاييس شبكية.

أولاً - المقاييس البسيطة الطولية:

سنبين هذا النوع من المقاييس التخطيطية بالأمثلة التالية.

مثال ١:

ارسم مقياساً بسيطاً $\frac{١}{١٠٠٠}$ ليبين ٢ متر

الحل:

هذا المقياس معناه أن وحدة طول على هذه الخريطة تقابل ١٠٠٠ وحدة من هذا الطول فى الطبيعة أى أن:

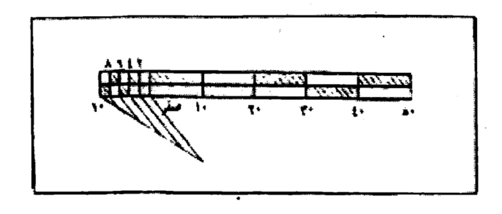
١ سم على الخريطة يقابلها فى الطبيعة ١٠٠٠ سم

بمعنى أن:

١ سم على الخريطة يقابلها فى الطبيعة ١٠ م.

نرسم خطاً مستقيماً بطول مناسب ونأخذ عليه عدة أقسام متساوية ، طول كل قسم منها ١ سم ويكتب عليها ما تساويه فى الطبيعة وهو ١٠ م.

وبمقياس الرسم هذا يكون أصغر قسم يمكن معرفته هو ١٠ متر ولكنه مطلوب مقياس ليبين ٢ متر ولذلك نأخذ القسم الموجود على اليسار ونقسمه إلى ٥ أجزاء كل منها يساوى ٢ متر كما هو موضح فى شكل (٥٣).



شكل رقم (٥٣)

مثال ٢:

ارسم مقياس بسيط ١: ٢٥٠٠ يقرأ ١٠ قصبات.

الحل

١ قصبة يقابلها فى الطبيعة ٢٥٠٠ قصبة.

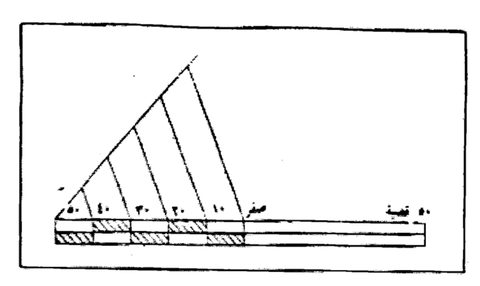
٣,٥٥ متر يقابلها فى الطبيعة ٢٥٠٠ قصبة

٣٥٥ سم يقابلها فى الطبيعة ٢٥٠٠ قصبة

٣,٥٥ سم يقابلها فى الطبيعة ٢٥ قصبة

٧,١ سم يقابلها فى الطبيعة ٥٠ قصبة.

ويلاحظ أننا لم نقف عند الحد ٣,٥٥ سم يقابلها فى الطبيعة ٢٥ قصبة بل أخذنا الحد ٧,١ سم يقابلها فى الطبيعة ٥٠ قصبة وذلك لعدم إمكان تقسيم ٣,٥٥ أو رسمها بالمسطرة العادية.



شكل رقم (٥٤)

وعلى هذا نرسم خطاً مستقيما نأخذ عليه الطول ١ر٧ سم مرتين كل مرة تمثل ٥٠ قصبة وتقسم أحد هذين القسمين إلى أقسام متساوية كل قسم يعين ١٠ قصبات كما هو موضح فى شكل (٥٤).

وحيث أنه لا يمكن تقسيم طوله ١ر٧ سم إلى ٥ أقسام باستعمال المسطرة لذلك نستعمل الطريقة الهندسية المعروفة وهى أننا نرسم أى خط من أحد طرفى الجزء الأخير وتأخذ عليه ٥ أطوال متساوية معروفة ٢ سم ونصل نهايتها بنهاية الجزء ونرسم موازيات لهذا الخط من نقط التقسيم للخط لنحصل على نقط التقسيم المطلوبة.

ثانياً: المقياس الشبكى: Diagonal Scale

يستعمل هذا المقياس لنفس الغرض الذى يستعمل له مقياس الرسم البسيط إلا أنه يمكننا بواسطته تعيين الأطوال القصيرة التى لا يمكن تعيينها بواسطة المقياس البسيط وذلك فى الحالات التى لا يمكن فيها تقسيم القسم الذى على يسار الصفر إلى العدد المطلوب من الأقسام.

مثال ١:

انشئ مقياس رسم ١: ٢٠٠٠ يبين أمتار صحيحة .

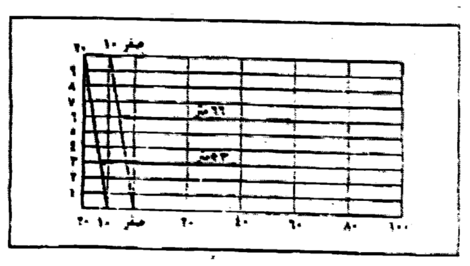
الحل:

١ متر فى الخريطة يقابلها فى الطبيعة ٢٠٠٠ متر

١٠٠ سم يقابلها فى الطبيعة ٢٠٠٠ متر.

١ سم يقابله فى الطبيعة ٢٠ متر.

ونرسم مستقيماً أفقياً على الخريطة ونقسمه إلى أقسام رئيسية متساوية كل منها يساوى ١ سم ويبين ٢٠ متر فى الطبيعة ونبين الأبعاد المقابلة لها ابتداء من صفر ، ٢٠ ، ٤٠ ، ٦٠ وهكذا ونأخذ قسماً على يسار الصفر قيمته ٢٠ متراً وهو يساوى فى الخريطة ١ سم وحيث أن المطلوب أن يبين المقياس حتى ١ متر لنا يجب تقسيم ١ سم إلى ٢٠ قسم ، ولكن من البديهى أنه لا يمكن تقسيم ١ سم إلى ٢٠ قسم بدقة. لذلك تقسم الجزء الأساسى إلى قسمين كل منها يساوى ١٠ أمتار ثم تقيم على المقياس الأساسى أعمدة من النقط الأساسية للجزء الذى على



شكل رقم (٥٥)

يسار الصفر ونأخذ عليه ١٠ أبعاد متساوية ، ونرسم منها خطوط موازية للمقياس الأساسى ثم نصل قطرى المستطيلين المكونين فى القسم الذى على يسار الصفر ، ويحصر القطر المائل المجاور للخط الرأسى عند الصفر مسافات على الخطوط المتوازية تكون على الترتيب من أسفل إلى أعلى ١ متر ، ٢ متر، ٣ متر وهكذا كما هو موضح فى شكل (٥٥).

ويلاحظ فى هذا المثال أنه يمكن التحكم فى أقل وحدة على المقياس الرئيسى وعلى ذلك يمكن تحديد عدد الأقسام الرأسية لكى يمكن الحصول على أقل قراءة من العلاقة:

عدد الأقسام الرأسية = أقل وحدة علي المقياس الرئيسي / أقل قراءة مطلوبة   (١٨)

مثال ٢:

ارسم مقياساً تخطيطيا ١:١٠٠٠ يقرأ ١ ذراع معمارى وبين القراءة (٣٩، ٦٤ذ).

الحل:

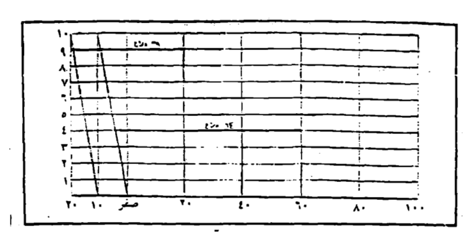
١ ذراع على الخريطة يقابلها فى الطبيعة ١٠٠٠ ذراع.

٧٥ سم على الخريطة يقابلها فى الطبيعة ١٠٠٠ ذراع.

٧٫٥ سم على الخريطة يقابلها فى الطبيعة ١٠٠ ذراع.

١٫٥ سم على الخريطة يقابلهافى الطبيعة ٢٠ ذراع

ولذا نرسم خطاً مستقيماً ونأخذ عليه أقسام رئيسية طول كل منها ١٫٥ سم لتبين ٢٠ ذراع فى الطبيعة كما فى شكل (٥٦) مع اعتبار أخذ القسم الذى على يسار الصفر لتقسيمه إلى قسمين كل منها ١٠ أذرعة . والآن لتعيين الأقسام الرئيسية وعددها نجد أن:



شكل رقم (٥٦)

عدد الأقسام الرأسية = $\frac{\text{أقل وحدة}}{\text{أقل قراءة}}$ = $\frac{١٠}{١}$ = ١٠ أقسام

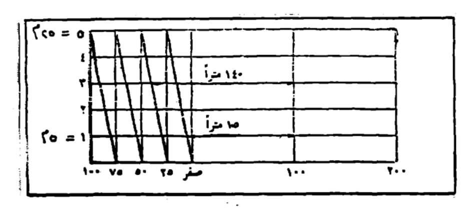
ولذا نتبع نفس الخطوات التى فى المثال السابق ونصل قطرى المستطيلين لنحصل على أقل قراءة وهى ١ ذراع.

مثال ٣:

ارسم مقياس شبكى ١ : ٥٠٠٠ يقرأ ٥ متر ويبين عليه القراءتين ١٠٥ متراً و ١٤٠ متراً.

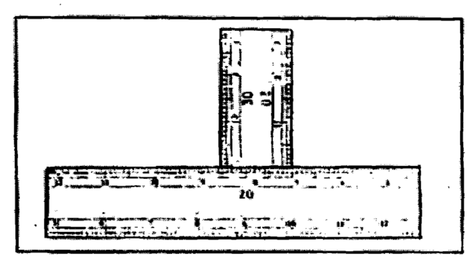
الحل:

تتبع نفس الخطوات السابقة لإتمام المقياس كما هو موضح فى شكل (٥٧).



شكل رقم (٥٧)

عندما يشرع فى رسم خريطة لمنطقة ما يجب أن يختار المقياس المناسب لغرض الخريطة ثم يرسم هيكل المنطقة مع بيان موضع النقط برسم دوائر عليها وتوقع على الخريطة الأبعاد والإحداثيات المأخوذة أثناء عملية التحشية ولهذا الغرض تستعمل مسطرة تعرف بمسطرة الإحداثيات طولها ٦ سم ومقسمة ومدرجة بالأمتار حسب مقاييس رسم مختلفة وتنزلق على حافتها مسطرة منطبقة على الخط المراد رسم التفاصيل عليه (شكل ٥٨). ثم توصل النقط أثناء الرسم بعضها ببعض لإظهار التفاصيل المطلوبة ثم تحبر الخريطة بعد إتمامها مع مراعاة رسم اتجاه الشمال عليها، وتظهر التفاصيل فى اللوحة وفقاً للاصطلاحات المتبعة فى مصلحة المساحة وبذا يسهل فهم الخريطة والوقوف على تفاصيلها كما تلون أجزاؤها طبقاً لدلالتها بالألوان المتفق عليها فى مصلحة المساحة.



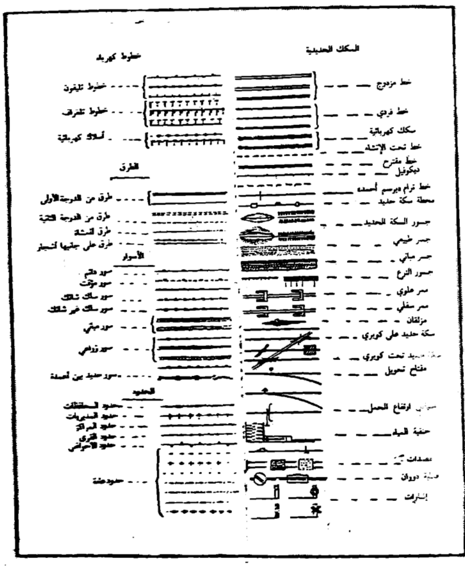
شكل رقم (٥٨)

الإشارات الاصطلاحية:

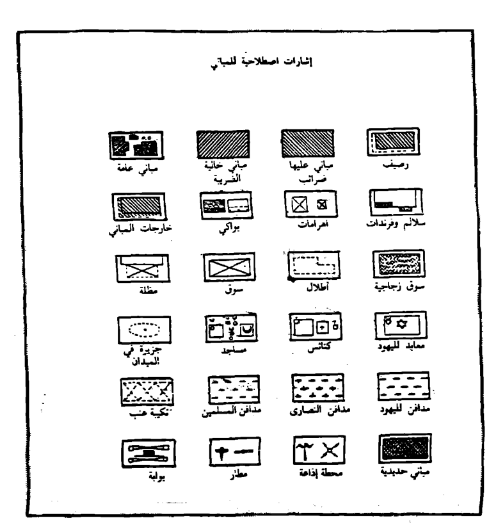
حتى نستطيع توقيع وإبراز أكبر كمية ممكنة من المعلومات والتفاصيل على الخريطة لابد من إختيار طريقة سليمة وواضحة وسهلة التمييز للتعبير عن الأماكن المختلفة والمبانى والإنشاءات وخطوط الحدود والكبارى والطرق وغيرها - ولذلك

لا بد من معرفة هذه الإشارات والإصطلاحات التى وضعتها الهيئات المساحية فى البلاد مختلفة (مصلحة المساحة فى مصر) - حتى يمكن قراءة الخريطة وفهم ما تدل عليه بأسرع مايمكن.

وتحوى الخرائط عادة (في ركن من أركانها) على جدول يبين الاصطلاحات الموجودة فى الخريطة ومدلولها . والأشكال (٥٩ ، ٦٠) تبين بعض الاصطلاحات المتبعة فى رسم الخرائط.



شكل رقم (٥٩)



شكل رقم (٦٠)

نسخ الخرائط

كثيراً ما يستدعي الأمر الحصول علي أكثر من نسخة واحدة ولذلك تنسخ الخرائط لإمكان تبادلها بإحدى الطرق الآتية:

١- دفتر الغيط:

من واقع دفتر الغيط ومن البيانات الموجودة به والمأخوذة أثناء عملية التفريد يمكن رسم نسخ أخرى من الخريطة وهذه الطريقة غير عملية وتستخدم إذا أريد عمل نسخة واحدة فقط بمقياس رسم آخر.

٢- التقسيم إلى مثلثات أو مربعات:

تقسم الخريطة إلى مثلثات إذا كانت أغلب رسوماتها خطوطاً مستقيمة ثم تنقل هذه المثلثات على النسخة المطلوبة بواسطة الفرجار. وتنقل معها تقاطع الحدود مع أضلاع المثلثات.

وغالباً ما تقسم الخريطة إلى مربعات يتناسب عددها حسب أهمية العمل والدقة المطلوبة ومقياس الرسم وكثرة التعاريج بالخريطة. ثم ترسم مربعات مماثلة على الخريطة الجديدة وتنقل تقاطع الحدود مع أضلاع المربعات إلى الخريطة الجديدة فى المواضع المقابلة لها.

٣- التصوير والطبع والتصوير الفوتوغرافى:

هى أحسن وأحدث الطرق المستخدمة فى النسخ فيتم تصوير الخريطة على ورق حساس ويمكن منه طبع العدد اللازم من النسخ - وفى التصوير الفوتوغرافى تؤخذ صورة الخريطة بآلة تصوير على لوح سالب زجاجى ومنه يمكن طبع واستخراج النسخ اللازمة.

تكبير وتصغير الخرائط:

كثيراً ما نحتاج إلى تكبير الخريطة للحصول على بعض التفاصيل الدقيقة أو لتوقيع بعض المشاريع الهامة عليها ومعنى هذا أننا نريد الحصول على خريطة بمقياس أكبر حتي يتسنى لنا العمل الدقيق والتخطيط المتقن - وفى بعض الأحيان نحتاج لضم بعض الخرائط ذات المقاييس الكبيرة لمناطق متجاورة ولذا فتصغر الخرائط بمقياس الرسم المناسب كما يحدث كثيراً فى عمليات حصر الأراضى والزراعات.

ويتم تكبير أو تصغير الخرائط بإحدى الطرق الآتية:

١- من واقع دفاتر الغيط:

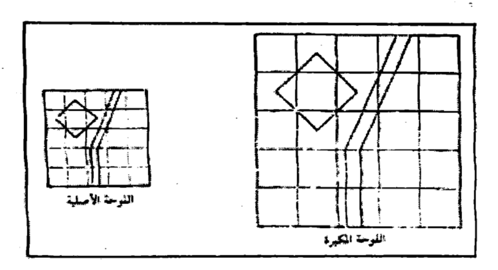
من واقع البيانات الموجودة بدفتر الغيط والمأخوذة فى عمليات التفريد تنسخ خريطة جديدة ولكن بمقياس الرسم الجديد المطلوب وبالطبع فهذه الطريقة ليست عملية.

٢- باستخدام المربعات:

بتقسيم الخريطة إلى مربعات يتناسب عددها حسب أهمية العمل والدقة المطلوبة وكثرة التعاريج ثم ترسم مربعات جديدة النسبة بين أطوال أضلاعها وأطوال أضلاع المربعات الأصلية هى النسبة بين مقياس الرسم الأصلى والمقياس المطلوب وننقل تقاطع الحدود والنقط داخل المربعات الجديدة المناظرة كما فى شكل (٦١) .

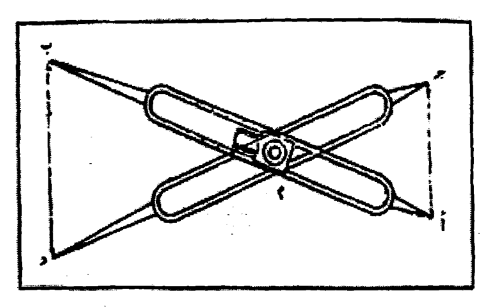
٣- فرجار التناسب:

يستعمل فرجار التناسب فى تكبير وتصغير الخرائط وهو عبارة عن ساقين معدنيتين أب ، جـ د ينتهى طرف كل منها بسن مدبب وفى وسط كل منها مجرة تتحرك فيه قطعة معدنية ذات ثقب عند المحور ومركب عليه صامولة ووردتان



شكل رقم (٦١)

شكل (٦٢) ويمكن ربط الصامولة بالضغط على الوردتين والساقين ويوجد في وجه كل من الساقين على جانبي المجراة تقاسيم مدرجة لكي تعطي النسبة المطلوبة للتكبير أو التصغير.



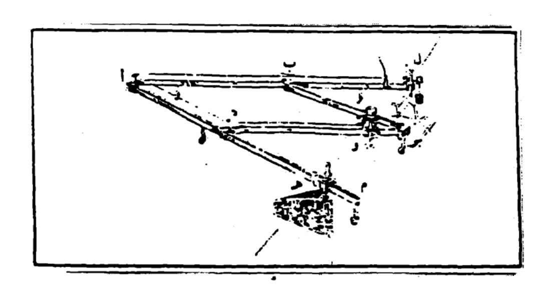
شكل رقم (٦٢)

ونظرية فرجار التناسب أن الساقين يصبحان رافعة محور ارتكازها المسمار (م) ويمكن تغيير موضع الإرتكاز فتتغير تبعاً لذلك كلا الساقين أ جـ ، ب د والنسبة بينهما. ولاستعمال فرجار التناسب في تكبير خريطة ما بنسبة ١:٣ مثلاً نحرك القطعتين معاً على المجراة وتجعل العلامة المحفورة على القطعة المعدنية على الخط المرقوم ٣ وتربط الصامولة وتأخذ الأبعاد من الخريطة الموجودة بالسنتين الصغيرتين أ جـ وتوقع على الخريطة الجديدة ذات المقياس الأكبر بواسطة السنتين الكبيرتين ب د .

٤- البانتوجراف:

هو جهاز يمكن بواسطته تكبير وتصغير الخرائط بسرعة ودقة شكل (٦٣) وهو

عبارة عن أربعة أنابيب معدنية متصلة ببعضها اتصالاً مفصلياً عند النقط أ ، ب ، جـ ويحيث يكون الشكل أ ب جـ د عبارة عن متوازى أضلاع أو معين فى أى وضع من أوضاع الجهاز.



شكل رقم (٦٣)

ويوجد على امتداد الضلع أ د النقطة (هـ) وهى عبارة عن ثقل يتحرك عليه هذا الضلع ويطلق عليه القطب.

والنقطة (و) عبارة عن راسم ينتهى بقلم صلب أو بقلم رسم، والنقطة (ل) تقع على امتداد الضلع أ ب هى أيضاً راسم ينتهى بقلم صلب أو قلم رسم. والساقان أ د ، د و مدرجان بتقاسيم خاصة تعطى نسباً للتكبير أو التصغير بحيث إذا ثبتنا كل من الراسم (و) والثقل (هـ) على نسبة معينة من هذه التقاسيم فإن النقط هـ ، و ، ل تكون على استقامة واحدة. ويكون لدينا فى شكل (٦٣).

$$\frac{\text{هـ د}}{\text{هـ أ}} = \frac{\text{و د}}{\text{ل أ}} = \frac{\text{هـ و}}{\text{هـ ل}}$$

ويستعمل الجهاز بتثبيت الثقل عند القطب هـ ويركب فى الراسمان (و)، (ل) قلم صلب فى أحدهما وقلم الرسم فى الآخر ويمرر القلم الصلب الموجود فى (و) حول محيط الشكل الأصلى ليرسم قلم الرسم فى (ل) شكلاً مماثلاً للشكل الأول مكبراً بالنسبة المطلوبة.

ونلاحظ أنه إذا استعمل هذا الجهاز للتصغير فإننا نضع القلم الصلب فى (ل) ويكون قلم الرسم عند الراسم (و).

فمثلاً إذا كان لدينا خريطة بمقياس رسم ١: ٢٠٠ ويراد تصغيرها إلى مقياس رسم ١: ٥٠٠ فنجد أن:

$$\frac{\text{هـ د}}{\text{هـ أ}} = \frac{\text{و د}}{\text{ل أ}} = \frac{٢٠٠}{٥٠٠} = \frac{١}{٢,٥}$$

فيثبت الراسم (و) والثقل (هـ) على النسبة ١: ٢,٥ فنجد أن هـ، و، على استقامة واحدة وتوضع الخريطة ذات المقاس ١: ٢٠٠ عند الموضع (ل) ويوضع قلم الصلب فى الراسم (ل) وقلم الرسم فى الراسم (و) وبتحريك السن (ل) حول محيط الخريطة نحصل فى الوضع (و) على خريطة جديدة بمقياس الرسم المطلوب وهو ١: ٥٠٠.

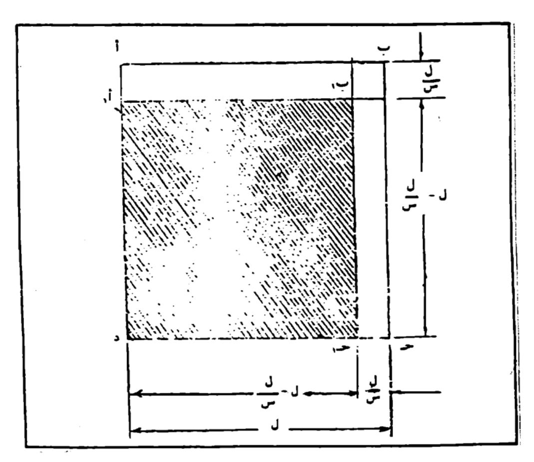
وللبانتوجراف أشكال متعددة غير أنها متفقة جميعها فى نظرية تشغيله.

إنكماش الخرائط:

غالباً ما ينكمش أو يتمدد ورق الرسم المرسوم عليه الخرائط المساحية وذلك نظراً لاختلاف درجات الحرارة والرطوبة فى الجو، وعلى هذا الأساس يحدث إنكماش أو تمدد فى الخرائط نفسها - وتكون المقاسات صحيحة إذا كانت مأخوذة بمقياس رسم تخطيطى مرسوم على الخريطة إذ أن المقياس يتغير بنفس النسبة التى يتمدد أو ينكمش بها الورق والرسم الموقع عليه. أما إذا استعملت مسطرة أو مقياس عادى فإن المقاسات المأخوذة تكون عرضة للخطأ لذا وجب تصحيح المساحات والأبعاد التى تقاس من الخرائط حتى نحصل على الأبعاد

والمساحات الحقيقية ويتم ذلك برسم خط واحد في الخريطة يكتب طوله وبذا يمكن تعيين مقدار الانكماش أو التمدد الذي يحدث فيه في أي وقت وعليه يمكن حساب الطول الصحيح لأي خط أو المسافات الحقيقية.

فإذا فرض أن معامل الانكماش $\frac{١}{س}$ وهذه النسبة تساوي نسبة انكماش خط على الورقة إلى طوله الأصلي وهي لا تتعدى $\frac{١}{٤٠٠}$ فإن خط طوله ل ينكمش بمقدار $\frac{ل}{س}$ ، وإذا كان لدينا خريطة على مربع طول ضلعه الحقيقي هو ل، فيكون مقدار الانكماش في مساحة الخريطة مساوياً للمساحة الحقيقية مطروحاً منها المساحة بعد الانكماش شكل (٦٤).



شكل رقم (٦٤)

المساحة بعد الانكماش = $\left(ل - \frac{ل}{س} \right)^{٢}$

$$= ل^{٢} - \frac{٢ ل^{٢}}{س} + \frac{ل^{٢}}{س^{٢}}$$

وبإهمال الحد الأخير $\frac{ل^{٢}}{س^{٢}}$ لصغره تكون المساحة بعد الانكماش مساوية:

المساحة بعد الانكماش = $ل^{٢} - \frac{٢ ل^{٢}}{س} = ل^{٢} \left(١ - \frac{٢}{س} \right)$

المساحة بعد الانكماش = المساحة الحقيقية (١- ضعف معامل الانكماش)	(١٩)

مثال ١:

خط طوله ٢٠ سم قيس على الخريطة فوجد ١٩,٩٥ سم وقيست مساحة قطعة أرض على نفس الخريطة فوجدت ١٦٠٠٠م٢ - ما هى المساحة الحقيقية؟

الحل:

معامل الانكماش = $\frac{٢٠ - ١٩,٩٥}{٢٠} = \frac{٠,٠٥}{٢٠} = \frac{١}{٤٠٠}$

المساحة بعد الانكماش = المساحة الحقيقية (١- ضعف معامل الانكماش)

١٦٠٠٠ = المساحة الحقيقية $\left(١ - \frac{٢}{٤٠٠} \right)$

$$\text{المساحة الحقيقية} = \frac{١٦٠٠٠}{٠,٩٩٥} = ١٦٠٨٠,٤ \text{ متراً مربعاً}.$$

مثال ٢:

فى خريطة مقياس رسمها ١ : ٢٠٠٠ لوحظ أن خط كان ٤٠ سم عند رسمها صار ٣٩,٨٠ سم فإذا قدرت مساحة قطعة أرض فى هذه الخريطة فكانت ٩٠ سم٢. أوجد المساحة الحقيقية لهذه الأرض بالفدان وكسوره.

الحل:

المساحة الموجودة على الخريطة ٩٠ سم٢ وتعادل مساحة فى الطبيعة قدرها.

$$٩٠ \times \frac{(٢٠٠٠)^٢}{١ \times ١٠٠ \times ١٠٠} = ٣٦٠٠٠ \text{ متر مربع}.$$

$$\text{معامل الإنكماش} = \frac{٢}{٤٠٠} = ٠,٠٠٥$$

$$\text{الخطأ الناتج عن الإنكماش} = ٣٦٠٠٠ \times ٢ \times ٠,٠٠٥ = ٣٦٠ \text{ م}^٢$$

$$\text{المساحة الحقيقية} = ٣٦٠٠٠ + ٣٦٠ = ٣٦٣٦٠ \text{ متر مربع}.$$

$$\text{المساحة الحقيقية} = \frac{٣٦٣٦٠}{٤٢٠٠} = ٨,٦٥٧ \text{ فدان تقريباً}.$$

ترتيب الخرائط

هناك عدة طرق لترتيب الخرائط حسب مقاييس رسمها وأنواعها وأغراضها وذلك حتى يمكن الاستدلال عليها سريعاً وكذلك لمعرفة موضعها بالنسبة إلى مجموعة من الخرائط الأخرى. وسوف نتعرض إلى ترتيب الخرائط فى مصر حيث توجد طريقتان أساسيتان لترتيب الخرائط الزراعية والتفصيلية والطبوغرافية وهما طريقة الاتجاه وطريقة الكيلومتر:

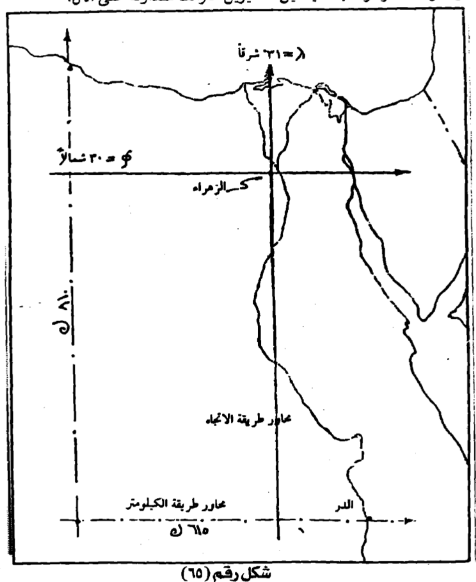
أولاً ، طريقة الاتجاه:

وقد استغنت مصلحة المساحة عنها وإن كانت بعض الخرائط المرتبة على هذا الأساس مازالت تحت التداول.

ومقاييس رسم هذه الخرائط هي:

١ : ١٥٠ر٠٠٠ ١ : ١٢٥٠٠٠ ١ : ١٠ر٠٠٠ ١ : ٢٥٠٠

والخرائط المرسومة بالمقياسين الأخيرين مازالت متداولة حتى الآن.



شكل رقم (٦٥)

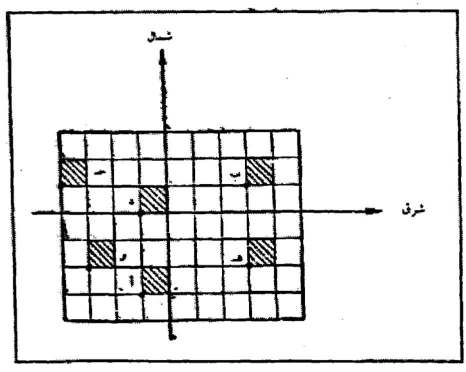
ثانياً: طريقة الكيلومتر

وهى الطريقة المستخدمة حالياً فى مصلحة المساحة لسهولتها وعلى هذا فإن المناطق التى تعمل لها خرائط كيلومترية تلغى خرائطها الاتجاهية، والخرائط المرتبة بهذه الطريقة هي ذات مقاييس رسم:

١: ٠٠٠ر١٠٠ ، ١: ٥٢٠٠٠ ، ١: ٣٢٥٠٠، ١: ١٠٠٠٠، ١: ٥٠٠٠.

طريقة الاتجاه:

وفى هذه الطريقة اختير محورين أحدهما رأسي يمر بالشمال والجنوب بخط طول ٣١° شرقاً والآخر أفقي ويمر بالشرق والغرب بخط عرض ٣٠ شمالاً ويتقابل المحوران عند نقطة تبعد ١٢ كيلومتراً غرب الهرم الأكبر وتسمى هذه النقطة بالزهراء شكل (٦٥) وقد ألغيت هذه الطريقة بالنسبة للمقاييس ١: ٠٠٠ر٥٠، ١: ٠٠٠ر٢٥ وأما الخرائط مقاييس ١: ٠٠٠ر١٠ ، ١: ٢٥٠٠ فطريقة الترتيب فيهما كالتالى:



شكل رقم (٦٦)

خرائط مقياس رسم ١: ٠٠٠ر١٠

رتبت لوحات هذا المقياس بالنسبة للمحورين بأن تسمى اللوحة بإحداثيات الركن الجنوبى الغربى للوحة (الركن الأسفل إلى اليسار) ثم ثانياً باسم الربع الواقع فيه اللوحة فمثلاً فى شكل (٦٦) نجد أن:

اللوحة أ : ١ -٣ جنوب غرب ، اللوحة ب : ٣-١ شمال شرق

اللوحة جـ : ٤-١ شمال غرب ، اللوحة د: ١ - صفر شمال غرب

اللوحة هـ : ٣-٢ جنوب شرق ، اللوحة و : ٣-٢ جنوب غرب

(ويلاحظ هنا أن الكتابة تكون بذكر الإحداثى الأفقى ثم الرأسى للركن الأسفل إلى اليسار فى اللوحة ثم الربع الواقعة فى اللوحة).

خرائط بمقياس ١: ٢٥٠٠

اللوحة المرسومة بمقياس ١: ٠٠٠ر١٠ ترسم فى ١٦ لوحة من نفس الحجم بمقياس ١: ٢٥٠٠ وعلى هذا الأساس فإن كل لوحة من لوحات ١: ٠٠٠ر١٠ تحتوى على ١٦ لوحة من مقياس ١: ٢٥٠٠ مرقمة بأرقام من ١ إلى ١٦ مرتبة كما فى شكل (٦٧).

١	٢	٣	٤
٥	٦	٧	٨
٩	١٠	١١	١٢
١٣	١٤	١٥	١٦

١١ - ١٢ - ٣٠

١٦ - ١٢ - ٣٠

١٥ - ١٢ - ٣٠
شمال شرق

١٤ - ١٢ - ٣٠

٣ - ١٢ - ٢٩

شكل رقم (٦٧)

وكل خريطة من خرائط مقياس ١:٠٠٠ ٢٥ تسمى كما يلي:

أولاً - رقم الخريطة مقياس ١:٠٠٠ر١٠ والحاوية للخريطة ١:٠٠٠ ٢٥ فمثلاً إذا كانت اللوحة ١:٠٠٠ر١٠ الحاوية لها رقمها ١٢-٣٠ شمال شرق ورقم الخريطة ١:٠٠٠ ٢٥ هو ١٥ فيكون اسم اللوحة هو ١٥ - ١٢ - ٣٠ شمال شرق ، ولسهولة معرفة اللوحة المجاورة لأي لوحة من لوح ١:٠٠٠ ٢٥ لطلبها عند الحاجة نكتب على الخريطة من الجهات الأربع أرقام اللوح المجاورة لها كما مبين في شكل (٦٧).

طريقة الكيلومتر:

أساس هذه الطريقة هو اختيار محورين أحدهما رأسي يمر بمدينة السلوم على أساس أنها حدود مصر الغربية والآخر أفقي يمر بمدينة الدر (جنوب أسوان) شكل (٦٥) على أساس أنها حدود الأراضي الزراعية جنوباً ونقطة تلاقيهما تعتبر نقطة الأصل وتغطي كل خريطة مساحة معينة بطول وعرض معينين.

وبمعرفة رقم الخريطة يمكن الاستدلال على مواقع الخريطة بالنسبة لأراضي الجمهورية والإحداثيات كلها موجبة وقد غطيت المناطق كلها بخرائط مختلفة المقياس والجدول الآتي يبين الخرائط المختلفة والمساحة المغطاة بكل خريطة (أبعاد الخريطة ٦٠ سم X ٤٠ سم لجميع المقاييس).

المقياس	طول المنطقة كم	عرض المنطقة كم
١ : ١٠٠٠٠٠	٦٠,٠	٤٠ (طبوغرافية)
١ : ٢٥٠٠٠	١٥,٠	١٠ (طبوغرافية)
١ : ٢٥٠٠	١,٥	١ فك الزمام (زراعية)
١ : ١٠٠٠	٠,٦٠	٠,٤٠ (تفريد مدن صغيرة)
١ : ٥٠٠	٠,٣٠	٠,٢٠ (تفريد مدن كبيرة)

وفيما يلي خرائط الكيلومتر بمقاييسها المختلفة:

الخرائط الطبوغرافية ١:١٠٠٠٠٠

تبين هذه الخريطة تفاصيل وطبوغرافية منطقة طولها ٦٠ كم شرقاً وغرباً وعرضها ٤٠ كم شمالاً وجنوباً ورقم أي لوحة منها عبارة عن كسر اعتيادي (بسطه) هو الإحداثي الرأسي للركن الجنوبي الغربي (بعشرات الكيلومترات) (ومقامه) هو الإحداثي الأفقي لهذا الركن (بعشرات الكيلومتوات) أيضاً.

فاللوحة $\frac{٣٤}{٤٦}$ معناها أنها اللوحة التي ركنها الأسفل إلى اليسار عن المحور الأفقي مسافة ٣٤٠ كيلومتر وعن المحور الرأسي ٤٦٠ كيلومتر.

مثال:

ما هي الخرائط المجاورة للخريطة ١:١٠٠٠٠٠ رقم $\frac{٢٤}{٣٨}$

الحل:

الخريطة العليا رقم $\frac{٢٨}{٣٨}$ **الخريطة السفلي رقم $\frac{٢٠}{٣٨}$**

الخريطة اليسري رقم $\frac{٢٤}{٣٢}$ **الخريطة اليمني رقم $\frac{٢٠}{٤٤}$**

الخرائط الطبوغرافية ١:٢٥٠٠٠

هذه الخرائط تبين تفاصيل وطبوغرافية منطقة طولها ١٥ كم شرقاً وغرباً وعرضها ١٠ كم شمالاً وجنوباً ويبين رقم أي لوحة منها على هيئة كسر اعتيادي (بسطه) الإحداثي الرأسي للركن الجنوبي للوحة (بعشرات الكيلومترات) و(المقام) الإحداثي الأفقي لهذا الركن (بالكيلومترات) فاللوحة ٨٠/٣٠٠ معناها أنها اللوحة التي يبعد ركنها الأسفل إلى اليسار عن المحور الأفقي ٨٠٠ كيلومتر وعن المحور الرأسي ٣٠٠ كيلومتر.

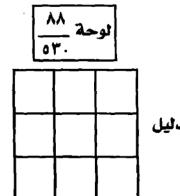
٨١/٢٨٥	٨١/٣٠٠	٨١/٣١٥
٨٠/٢٨٥	٨٠/٣٠٠	٨٠/٣١٥
٧٩/٢٨٥	٧٩/٣٠٠	٧٩/٣١٥

شكل رقم (٦٨) دليل الخريطة ٨٠/٣٠٠

ولا تكتب أرقام اللوحة المجاورة حول الخريطة بل توضع دليل أسفل الخريطة والدليل عبارة عن الثمانى لوحات المجاورة للوحة الأصلية.

ونلاحظ أن الفرق فى البسط هو الوحدة دائماً والوحدة هنا بعشرات الكيلومترات بينما المقام فالفرق فيه هو ١٥ أى ١٥ كيلومتر وهو طول اللوحة وشكل (٦٨) يبين دليل الخريطة ١ : ٢٥٠٠٠ رقم ٨٠/٣٠٠

وشكل (٦٩) يبين اللوحة ٨٨/٥٣٠ الطبوغرافية وكذلك الخرائط الثمانية المحيطة بها فى الدليل.



٨٩/٥١٥	٨٩/٥٣٠	٨٩/٥٤٥
٨٨/٥١٥	٨٨/٥٣٠	٨٨/٥٤٥
٨٧/٥١٥	٨٧/٥٣٠	٨٧/٥٤٥

شكل رقم (٦٩) دليل الخريطة ٨٨/٥٣٠

الخريطة الزراعية ١:٢٥٠٠ (فك الزمام)

وهذه الخرائط الزراعية وهى خرائط الزمام تبين تفاصيل منطقة طولها ١٫٥ كم شرقاً وغرباً وعرضها ١ كم شمالاً وجنوباً وبذا فإن لوحة ١:٢٥٠٠٠ تحتوى على ١٠٠ لوحة زراعية وتعطى كل لوحة ترقيم معين يكتب فى الركن العلوى الأيمن منها ورقم اللوحة عبارة عن كسر بسطه وهو بعد حافة اللوحة الجنوبية عن المحور الأفقى ومقامه هو حافتها الغربية عن المحور الرأسى فمثلاً اللوحة $\frac{٨١٨}{٦٢٥,٥}$ تدل على أن حافة اللوحة السفلى تبعد الدر بمقدار ٨١٨ كيلومتر بينما تبعد حافتها اليسرى عن السلوم بمقدار ٦٢٥٫٥ كم ولتسهيل إيجاد اللوحة تكتب اللوح الأربع المحيطة بها شكل (٧٠).

$\frac{٨١٩}{٦٢٥,٥}$

$\frac{٨١٨}{٦٢٧}$ | $\frac{٨١٨}{٦٢٥,٥}$ | $\frac{٨١٨}{٦٢٤}$

$\frac{٨١٧}{٦٢٥,٥}$

شكل رقم (٧٠) خريطة زراعية $\frac{٨١٨}{٦٢٥,٥}$

خرائط تفريد المدن ١:١٠٠٠

هى فى الواقع خرائط تفصيليه ونظامها كنظام ١:٢٥٠٠ تماماً غير أن طول اللوحة هو ٠٫٦ كيلومتر وارتفاعها ٠٫٤ كيلومتر: ورقم اللوحة عبارة عن كسر بسطه هو بعد حافة اللوحة الجنوبية عن المحور الأفقى ومقامه هو بعد حافته الغربية عن المحور الرأسى فمثلاً اللوحة رقم $\frac{٧٨}{٤٨,٦}$ الحد السفلى لها يبعد عن

الدر مسافة ٨٧ كيلومتراً بينما تبعد حافتها اليسرى عن السلوم بمقدار ٤٨٫٦ كيلومتراً. وتكتب اللوح الأربعة المحيطة بهذه اللوحة عليها وذلك لتسهيل إيجاد اللوح المجاورة.

خرائط تفريد المدن ١:٥٠٠

ونظامها كخرائط التفريد ١:١٠٠٠ تماماً غير أن طولها ٠٫٣ كيلومتر وعرضها ٠٫٢ كيلومتر.

مثال:

ما هى الخرائط الأربعة المحيطة باللوحة ١:٥٠٠ رقم $\frac{٥٦,٤}{٢٤}$ ؟

الحل:

الخريطة العليا رقم $\frac{٥٦,٦}{٢٤}$ الخريطة السفلى رقم $\frac{٥٦,٢}{٢٤}$

الخريطة اليسرى رقم $\frac{٥٦,٤}{٢٣,٧}$ الخريطة اليمنى رقم $\frac{٥٦,٤}{٢٤,٣}$

مثال ٧:

ماهى إحداثيات منتصف اللوحة ١:١٠٠٠ رقم $\frac{٢٨}{١٤,٤}$ ؟

الحل:

س = ١٤٫٤ + ٠٫٣ = ١٤٫٧ كم

ص = ٢٨ + ٠٫٢ = ٢٨٫٢ كم

أمثلة محلولة

مثال ١:

ماهى أرقام اللوح الثمانية المحيطة باللوحة الزراعية $\frac{٢٠}{٢٦}$

الحل:

اللوح الثمانية هى:

$\frac{٢١}{٢٧,٥}$	$\frac{٢١}{٢٦}$	$\frac{٢١}{٢٤,٥}$
$\frac{٢٠}{٢٧,٥}$	$\frac{٢٠}{٢٦}$	$\frac{٢٠}{٢٤,٥}$
$\frac{١٩}{٢٧,٥}$	$\frac{١٩}{٢٦}$	$\frac{١٩}{٢٤,٥}$

مثال ٢:

ماهى أرقام اللوح المحيطة باللوحة ١٣-٦-١ جنوب غرب ؟

الحل:

اللوح هى:

	٩ - ٦ - ١ جـ . غ	
١٤ - ٦ - ١ جـ . غ	١٣ - ٦ - ١ جـ . غ	١٦ - ٧ - ١ جـ . غ
	١ - ٦ - ٢ جـ . غ	

مثال ٣:

ما هو دليل الخريطة الطبوغرافية $\frac{٦٥}{٢٧٥}$ والمساحة التي يحتويها ؟

الحل:

الدليل هو:

$\frac{٦٦}{٢٩٠}$	$\frac{٦٦}{٢٧٥}$	$\frac{٦٦}{٢٦٠}$
$\frac{٦٥}{٢٩٠}$	$\frac{٦٥}{٢٧٥}$	$\frac{٦٥}{٢٦٠}$
$\frac{٦٤}{٢٩٠}$	$\frac{٦٤}{٢٧٥}$	$\frac{٦٤}{٢٦٠}$

والمساحة هى = ٩ x ١٠ x ١٥ = ١٣٥٠ كم مربع

مثال ٤:

ماهو دليل الخريطة الطبوغرافية ١ : ٢٥٠٠٠ رقم $\frac{٦٤}{٥٧١}$ وما هى المساحة التى يغطيها هذا الدليل؟

الحل:

الدليل : مبين فى شكل (٧١)

مساحة الدليل = ٩ x ١٥ x ١٠ = ١٣٥٠ كم مربع.

الدليل :

$\frac{٥٥}{٢٠٠}$	$\frac{٥٥}{١٨٥}$	$\frac{٥٥}{١٧٠}$
$\frac{٥٤}{٢٠٠}$	$\frac{٥٤}{١٨٥}$	$\frac{٥٤}{١٧٠}$
$\frac{٥٣}{٢٠٠}$	$\frac{٥٣}{١٨٥}$	$\frac{٥٣}{١٧٠}$

شكل رقم (٧١)

دليل الخريطة $\left(\frac{٥٤}{١٨٥}\right)$

مثال ٥:

أوجد الخرائط المحيطة باللوحة $\frac{٦١٢}{٢٢٠,٥}$ مقياس ١:٢٥٠٠٠.

الحل:

فى شكل (٧٢) مبين أرقام الخرائط المحيطة بالخريطة المذكورة

$\frac{٦١٣}{٢٢٠,٥}$

$\frac{٦١٢}{٢١٩}$ $\left(\frac{٦١٢}{٢٢٠,٥}\right)$ $\frac{٦١٢}{٢٢٢}$

$\frac{٦١١}{٢٢٠,٥}$

شكل رقم (٧٢) خريطة زراعية $\frac{٦١٢}{٢٢٠,٥}$

مثال ٦:

ما رقم الخريطة الزراعية ١:٢٥٠٠٠ الواقعة فى الطرف الشمالىَ الشرقى للخريطة الطبوغرافية ١:٢٥٠٠٠ رقم $\frac{٨٤}{٢٧٥}$

الحل:

الخريطة ١:٢٥٠٠٠ هى رقم $\frac{٨٤٩}{٢٨٨,٥}$

مثال ٧:

بين الخرائط المحيطة بخريطة $\frac{١٦}{٢٧,٥}$ من خرائط فك الزمام - ماذا تكون الأرقام لهذه الخرائط لو كان هذا الرقم لخرائط تفريد مدن؟

الحل:

خرائط فك الزمام : العليا $\frac{١٧}{٢٧,٥}$ السفلي $\frac{١٥}{٢٧,٥}$

اليمني $\frac{١٦}{٢٩}$ اليسري $\frac{١٦}{٢٥}$

خرائط تفريد مدن ١:١٠٠٠:

$\frac{١٦,٤}{٢٧,٥}$ ، $\frac{١٥,٦}{٢٧,٥}$ ، $\frac{١٦}{٢٨,١}$ ، $\frac{١٦}{٢٦,٩}$

خرائط تفريد مدن ١:٥٠٠

$\frac{١٦,٢}{٢٧,٥}$ ، $\frac{١٥,٨}{٢٧,٥}$ ، $\frac{١٦}{١٧,٨}$ ، $\frac{١٦}{٢٧,٢}$

مثال ٨:

عند شق طريق من نقطة إلى أخرى وجد أن ابتداء الطريق يقع فى الركن الجنوبى الغربى للوحة ١:٢٥٠٠ برقم $\frac{٢٢}{١١}$ ونهاية الطريق فى اللوحة ١:٢٥٠٠ $\frac{١٧}{١٢}$ عند ركنها الشمالى الشرقى . أوجد طول هذا الطريق.

الحل:

إحداثيات أول الطريق س أ ، ص أ = ١١ كم ، ٢٢ كم.

إحداثيات نهاية الطريق س ب ، ص ب = ١٣٫٥ كم ، ١٨ كم

$$\text{المسافة} = \sqrt{(\text{س أ} - \text{س ب})^{٢} + (\text{ص أ} - \text{ص ب})^{٢}}$$

$$= \sqrt{(١١ - ١٣,٥)^{٢} + (٢٢ - ١٨)^{٢}}$$

$$= \sqrt{٢٢,٢٥} = ٤,٧٢ \text{ كم}$$

مثال ٩:

ماهى رقم الخريطة الزراعية ١:٢٥٠٠٠ الموجود فى الركن الأيمن العلوى للخريطة الطبوغرافية ١:٢٥٠٠٠ رقم $\frac{٩٧}{٦٤٠}$

الحل :

إحداثيات الخريطة الزراعية

رأسى ٩٧٠ + ٩ = ٩٧٩ كم، أفقى ٦٤٠ + ١٣٫٥ = ٦٥٣٫٥ كم

رقم اللوحة المطلوبة ١:٢٥٠٠ هى $\frac{٩٧٩}{٦٥٣,٥}$

مسائل

١- صمم مقياس رسم بسيط ١:٢٥٠٠ يقرأ إلى ١٠ أذرع وآخر شبكى ١:٥٠٠٠ يقرأ لغاية قصبة ونصف وبين على المقياس الطول ٨٧ قصبة.

٢- ارسم مقياسا شبكيا ١:٢٠٠٠ يقرأ ١و٠ من القصبة استعمل المقياس لرسم قطعة أرض رباعية الشكل أ ب = ٤ر٦ قصبة ب جـ = ١ر٤ قصبة ، جـ د = ٣ر٦ قصبة ، د أ = ٦ر٥ قصبة ، د ب = ١ر٧ قصبة ثم استنتج طول القطر أ جـ

٣- خريطة مرسومة بمقياس ١:٤٠٠٠ ارسم مقياس يبين إلى دقة ٥ سم اختر نوع المقياس (طولي أو شبكى) وبين عليه الطول ٨ر٢٧٧ متر

٤- ارسم مقياس رسم ١:٣٢٠ يبين إلى $\frac{١}{١٦}$ من البوصة . بين على المقياس الطول ٥٦ $\frac{٢٣}{٦٤}$ قدم.

٥- خريطة مرسومة بمقياس ١:٢٠٠٠ ارسم مقياس رسم لها يبين إلى أقرب ذراع وربع وبين عليه الطول ٧٥ر٢٥٨ ذراع.

٦- ارسم مقياس شبكى يبين إلى أميال لخريطة مقياسها :٧٥٠٠٠ ويبين دقة تصل إلى ٥٠ ياردة.

٧- لوحة مرسومة بمقياس ١:٥٠٠ انكمشت بحيث أن خطاً طوله ٨ر٥٠ أصبح ٥٠ سم - وكانت مساحة قطعة أرض على هذه الخريطة ٢٤٨ سم٢ ما هي المساحة الصحيحة لقطعة الأرض بالأمتار المربعة؟

٨- قيس خط على خريطة بمقياس ١ : ٢٥٠٠٠ فكان طوله = ٤٠ سم صار بعد الانكماش ٣٩٫٤ سم - فإذا عينت مساحة قطعة أرض عليها بعد الانكماش فكانت ٧٨٫٤ سم٢ - ماهى المساحة الفعلية بالفدان وكسوره؟

٩- ما رقم الخريطة الزراعية ١ : ٢٥٠٠ الواقعة فى الطرف الشمالى الشرقى للخريطة الطبوغرافية ١ : ٢٥٠٠٠ رقم $\frac{٨٤}{٢٧٥}$

١٠- ماهي الخرائط المحيطة بخريطة $\frac{١٦}{٢٧٫٥}$ من خرائط فك الزمام - ماذا تكون الأرقام لهذه الخرائط لو كان هذا الرقم لخرائط تفريد مدن؟

١١- ماهى أرقام اللوح المحيطة باللوحة ١٣-٦-٤ جنوب غرب؟

١٢- ما هو دليل الخريطة الطبوغرافية رقم $\frac{٨٢}{١٩٥}$ والمساحة التى يحويها؟

١٣- ما هي أرقام الخرائط الأربعة المحيطة بالخرائط الآتية:

أ) الخريطة ٣-١ جـ . ق   ب) ١-صفر - ١جـ . ق

جـ) الخريطة $\frac{١٧}{٣١}$ من خرائط فك الزمام وتفريد المدن.

د) الخريطة ١٤ - ١ - صفر شمال شرق.

هـ) الخريطة $\frac{١٩٢}{٣١٨}$ و) الخريطة ١ : ٢٥٠٠٠ $\frac{٨٤}{٧٥٠}$

١٤- كانت رؤوس قطعة أرض أ ب جـ د موجودة فى الخرائط الآتية:

أ) هى مركز الربع الشمالى الشرقى للخريطة ١:٢٥٠٠٠ رقم $\frac{١٠}{٨٢}$

ب) هى مركز الخريطة ١:١٠٠٠٠ رقم $\frac{٩٨}{٨٤}$

جـ) هى مركز الربع الشمالى الغربى للخريطة ١:١٠٠٠٠٠ رقم $\frac{٧}{١١}$

د) هى الركن الجنوبى الشرقى للخريطة ١:٥٠٠٠ رقم $\frac{٩٥}{٩٧}$

عين إحداثيات هذه القطعة بالأمتار.

١٥- طريق مستقيم أ ب النقطة أ واقعة فى اللوحة ١:١٠٠٠٠٠ رقم $\frac{٢٨}{٦٤}$ بحيث تبعد عن الحافة العليا للوحة بمقدار ١٠ سم وعن الحافة اليمنى لها بمقدار ١٥ سم والنقطة ب فى الركن الشمالى الغربى للوحة ١:٢٥٠٠٠ رقم $\frac{٣١٢}{٦٠٦}$ عين رقم اللوحة مقياس ١:٢٥٠٠٠ التى تقع فيها نقطة منتصف الخط أ ب وتكون فى مركز الربع الجنوبى الشرقى لها.

١٦- طريق يبدأ من الركن الجنوبى الغربى للوحة الطبوغرافية ١:٢٥٠٠٠ رقم $\frac{٨٤}{١١٠٠}$ ونهايته فى اللوحة االطبوغرافية رقم $\frac{٩٦}{١٣٠٠}$ عند ركنها الشمالى الشرقى عين طول وإحداثيات منتصف هذا الطريق.

الباب السادس

المساحة بالتيودوليت

Theodolite Surveying

يستخدم جهاز التيودوليت فى كافة العمليات المساحية التى تحتاج إلى دقة كبيرة فى الأرصاد، فهو يستعمل فى قياس زوايا المضلعات وتوقيع وتخطيط الأعمال المساحية الخاصة بالمنحنيات وفى كافة أعمال التخطيط والتوقيع. وسوف يقتصر فى هذا الباب على تناول جهاز التيودوليت واستعمالاته فى قياس الزوايا وكذلك على ترافرس التيودوليت.

التيودوليت :

يستعمل جهاز التيودوليت فى قياس الزوايا سواء الأفقية أو الرأسية ، وهو يعتبر من أدق الأجهزة المستعملة فى قياس الزوايا سواء أكانت في المستوى الرأسى أو المستوي الأفقي، ولذلك فهو يستعمل فى كافة الأعمال المساحية التى تحتاج إلى دقة كبيرة مثل الأرصاد الفلكية ،الميزانيات الجيوديسية والشبكات المثلثية كما يستعمل فى قياس زوايا المضلعات بدرجاتها وأنواعها المختلفة وفى المساحة الطبوغرافية وكذلك لتوقيع المنحنيات وفى القياس التاكيومترى وكافة أعمال التخطيط والتوجيه الدقيق.

هذا ويمكن تقسيم التيودوليت إلى نوعين رئيسين هما :

١- التيودوليت ذو الورنية   ٢- التيودوليت الحديث.

وسوف يقتصر فى هذا المجال على التيودوليت ذو الورنية.

وقبل تناول التيودوليت ذو الورنية لابد من دراسة الورنيات حيث تعتبر جزءاً أساسياً فى جهاز التيودوليت ذى الورنية.

أنواع الورنيات:

الورنية عبارة عن مقياس مساعد مستقيم أو دائرى ينزلق على مقياس رئيسى وذلك لتحديد كسور صغيرة من وحدات المقياس الرئيسى بدقة تامة ، وتنقسم الورنيات إلى ثلاثة أنواع أساسية وذلك من حيث التصميم وهى:

١- **ورنيات أمامية** : وهى التى يكون تدريجها فى كافة اتجاه تدريج المقياس الرئيسى.

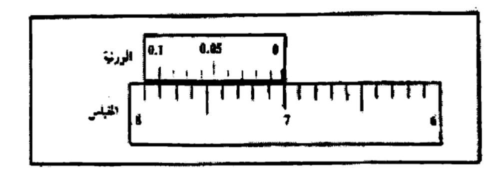
٢- **ورنيات خلفية أو عكسية** : وهى التى يكون تدريجها فى اتجاه مضاد لاتجاه تدريج المقياس.

٣- **ورنيات مزدوجة** : وهى عبارة عن ازدواج من الورنيات الأمامية تدريج كل منها عكس تدريج الآخر.

والنوع الأول هو الشائع الاستعمال وخصوصاً فى الأجهزة المساحية مثل جهاز التيودوليت وتكون الورنية الأمامية به على هيئة قوس من دائرة وكذلك جهاز البلانيمتر حيث توجد ورنيات مستقيمة لتحديد طول الذراع وقياس وحدات عجلة القياس .

الورنيات الأمامية:

نفرض أنه لدينا مقياس مقسم إلى وحدات رئيسية وكل وحدة مقسمة إلى عشرة أقسام صغيرة فيكون من السهل تعيين أى طول عليه بالوحدات الصحيحة وأجزائها العشرية - وإذا كان لدينا طول معين تقع نهايته داخل أحد الأقسام الصغيرة فلا يمكن فى هذه الحالة تعيين الطول الضبوط - وعندئذ لابد لنا من استعمال الورنية كمقياس مساعد لتحديد هذا الطول تحديداً دقيقاً لذلك بتعيين أجزاء من الأقسام الصغرية . فإذا أريد بيان أبعاد لغاية ١/١٠ من الأقسام الصغيرة للمقياس فتنشأ ورنية بطول يساوى ٩ أقسام صغيرة ونقسم هذا الطول إلى ١٠ أجزاء متساوية شكل (٧٣)



شكل رقم (٧٣)

فيكون كل جزء منها يساوى $\frac{١}{٩}$ من أى قسم من الأقسام الصغيرة ويكون الفرق بين القسم الصغير على المقياس والقسم من أقسام الورنية يساوى $\frac{١}{١٠}$ من قسم المقياس وهذا يعرف بدقة الورنية.

فإذا تحركت الورنية على المقياس بحيث انطبق القسم الأول من الورنية على القسم الأول من المقياس فإن صفر الورنية يكون قد تحرك $\frac{١}{١٠}$ من قسم المفياس وعموماً إذا تحركت الورنية حتى ينطبق (هـ) منها على قسم من أقسام المقياس فإن الورنية تكون تحركت هـ X قسم الورنية ويكون لدينا

عدد أقسام الورنية الحادث عندها الانطباق = $\frac{\text{ما تقرأه الورنية}}{\text{دقة الورنية}}$	(٢٠)

مكان الانطباق على المقياس = ما يعنيه المقياس + عدد أقسام الورنية الحادث عندها الانطباق × قيمة أصغر قسم للمقياس	(٢١)

وبذا يمكن تصميم الورنية الأمامية على النحو التالي:

إذا كان طول أصغر قسم للمقياس هو س ، وطول أصغر قسم على الورنية هو ص ، وعدد أقسام الورنية هو ن فيكون لدينا:

ن ص = (ن - ١) س = طول الورنية.

$$ص = \frac{(ن - ١)}{ن} س$$

وإذا كانت دقة الورنية (و) أى أصغر قراءة الورنية فيكون:

$$و = س - ص = س - س \frac{(ن - ١)}{ن}$$

$$و = س \left(\frac{ن - ١}{ن} \right)$$

$$و = \frac{س}{ن} = \frac{\text{أصغر قسم علي المقياس}}{\text{عدد أقسام الورنية}} \qquad (٢٢)$$

ففى شكل (٧٣) نجد أن أصغر قسم على المقياس = ١ر٠ ، عدد أقسام الورنية = ١٠ وتكون أصغر قراءة للورنية = $\frac{٠,١٠}{١٠}$ = ١٠ر٠ .

وسوف نتعرض للحالات التالية فى المسائل المحلولة الآتية:

١- تصميم ورنية لقراءة دقة معينة.

٢- قراءة ورنية ما.

٣- معرفة دقة ورنية ما.

أمثلة محلولة

مثال (١):

أنشئ ورنية تقرأ لغاية ٢٠ ثانية لاستخدامها مع مقياس قيمة أصغر أقسامه ١٥ دقيقة ثم ارسم كلا من المقياس والورنية وبين عليهما القراءة ٤٠´´ ٢٣´ ٩٢° مع اعتبار نصف قطر المقياس والورنية ما لا نهاية.

الحل:

$$\text{أقل قراءة الورنية} = \frac{\text{أصغر قسم علي المقياس}}{\text{عدد أقسام الورنية}}$$

$$٣٠´´ = \frac{١٥´}{ن}$$

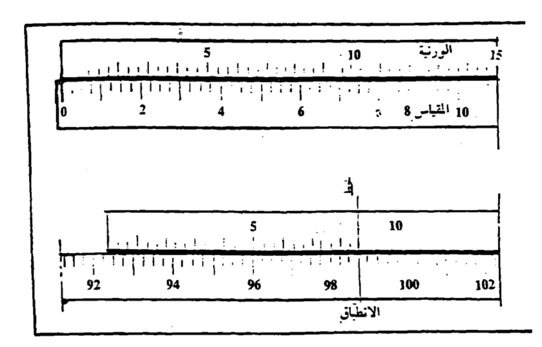
$$ن = \frac{١٥ \times ٦٠}{٢٠} = ٤٥$$ قسماً وهى تقابل ٤٤ قسماً من أصغر أقسام المقياس.

- ثم نقسم هذه المسافة إلى ٤٥ قسم كل قسم منها يقرأ ٢٠´´ كما فى شكل (٧٤) ولبيان مكان الانطباق على المقياس فنطبق القانون.

مكان الانطباق على المقياس = ما يعينه المقياس + عدد أقسام الورنية التى يحدث عندها الانطباق × قيمة القسم على المقياس.

وفى المثال ما يعينه المقياس هو ١٥´ ٩٢° فقط.

$$\text{عدد أقسام الورنية التى يحدث عندما الانطباق} = \frac{٨´ ٤٠´´}{٢٠´´}$$



شكل رقم (٧٤)

= $\frac{٤٠'' + ٤٨٠''}{٢٠}$ = ٢٦ قسم

ويكون الانطباق على المقياس ١٥´ ٩٢° + ١٥´ × ٢٦

= ١٥´ ٩٢° + ٣٩٠´

= ٤٥´ ٩٨° أنظر شكل (٧٤)

مثال (٢):

صمم ورنية دقتها ٣٠ ثانية لاستخدامها مع مقياس أصغر أقسامه يساوى ٢٠ دقيقة ثم ارسم كلا من المقياس والورنية وبين عليها القراءة ٣٠´´ ٤٦´ ٨°

الحل:

أقل قراءة للورنية = $\frac{\text{أصغر قسم علي المقياس}}{\text{عدد أقسام الورنية}}$

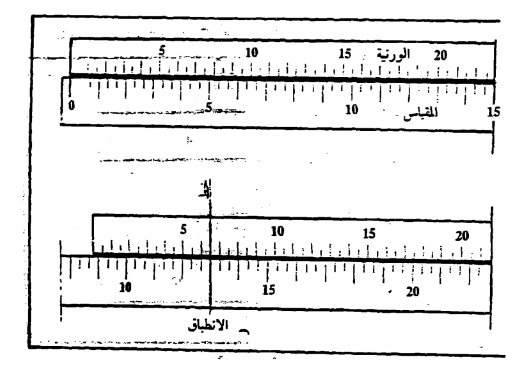
أقل قراءة للورنية = $\frac{س}{ن}$

$٣٠ = \frac{٢٠ \times ٦٠}{ن}$

∴ ن = ٤٠ وهو يقابل ٣٩ قسماً من أقسام المقياس الرئيسية وقراءات كل المقياس والورنية هى :

قراءة المقياس ٠٠´´ ٤٠´ ٨° قراءة الورنية ٣٠´´ ٦´

القراءة الكلية ٣٠´´ ٤٦´ ٨° شكل (٧٥)



شكل رقم (٧٥)

مكان الإنطباق علي المقياس = ما يعينه صفر الورنية على المقياس

+ عدد أقسام الورنية × قيمة أصغر قسم علي المقياس

= ٤٠َ ٨° + ١٣ × ٢٠

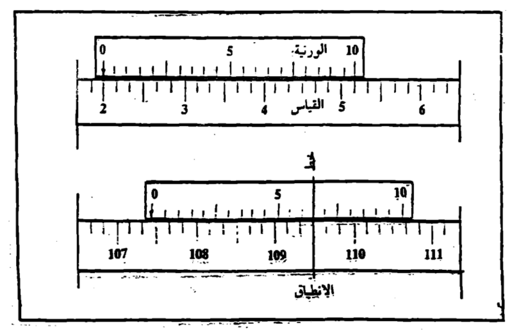
= ٤٠َ ٨° + ٢٦٠َ

= ١٣° انظر شكل (٧٥)

مثال (٣):

فى شكل (٧٦) المطلوب معرفة دقة الورنية والقراءة التى يعينها صفر الورنية على المقياس علما بأن هذا المقياس مقسم إلى الدرجة وأجزائها. عين أيضاً مكان الإنطباق عن كل من الورنية والمقياس.

الحل:



شكل رقم (٧٦)

عدد أقسام الورنية = ٢٠ قسم   عدد أقسام المقياس = ١٩ قسم

أصغر قسم على المقياس ١٠´

دقة الورنية = $\frac{١٠´ \times ٦٠}{٢٠}$ = ٣٠´´

القراءة المطلوبة = ما يقرأ على المقياس + ما يقرأ على الورنية

= ٢٠´ ١٠٧° + ١٣ × ٣٠´´

= ٢٠´ ١٠٧° + ٣٠´´ ٦´ = ٢٠´´ ٢٦´ ١٠٧°

مكان الانطباق على الورنية هو بعد ١٣ قسم من أقسام الورنية

مكان الانطباق على المقياس = مقدار القراءة على المقياس

+ عدد أقسام الورنية X قيمة أصغر قسم على المقياس

= ٢٠´ ١٠٧° + ١٣ × ١٠´ = ٣٠´ ١٠٩°

التيودوليت ذو الورنية:

يستعمل التيودوليت ذو الورنية فى الأعمال التى تتطلب دقة عالية ووظيفته الأساسية هو قياس الزوايا فى المستويين الأفقى والرأسى وذلك بجانب استعماله فى الأغراض الأخرى المتعددة والتي سوف نتناولها تباعاً .

ويثبت الجهاز عند الاستعمال فوق حامل ثلاثى مثل حامل الميزان غير أنه يمتاز عليه بوجود حركة إنزلاق أفقية برأس الحامل والغرض منها هو إمكان جعل الجهاز متسامت تماماً فوق النقطة التى تمثل رأس الزاوية المطلوب تعيين قيمتها. والوصول إلى ذلك نجعل الجهاز بالتقريب فى وضع رأسى فوق هذه النقطة ثم نحرك الحامل حركة دائرية وانتقالية حتى يتسامت المحور الرأسي للجهاز فوق الوتد بينما تكون قاعدة الجهاز أفقية بالتقريب ويكون خيط الشاغول فوق النقطة تماماً.

أجزاء الجهاز.

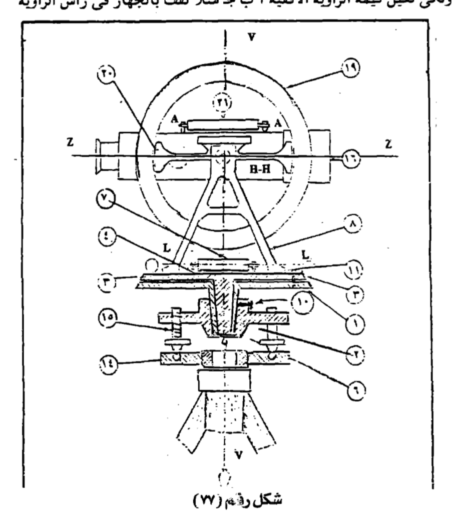
يتكون الجهاز من ثلاثة أجزاء رئيسية شكل (٧٧) هي:

أ - الجزء العلوى ويسمي بالأليداد ويشمل المنظار (١٦) وحاملة (٨) والمحور الأفقى للمنظار . وعلى أحد الحوامل تثبت الدائرة الرأسية (١٩) وميزان التسوية الخاص بها (٢١) ورنيتان لقراءة الدائرة الرأسية (٢٠).

ب - الجزء السفلى ويسمي بالقاعدة (١٤) ويتبعه مسامير التسوية الثلاثة (١٥).

جـ - الدائرة الأفقية (١) وتوجد وسط الجهاز بين الأليداد والقاعدة.

ولكى نعين قيمة الزاوية الأفقية أ ب جـ مثلاً نقف بالجهاز فى رأس الزاوية



شكل رقم (٧٧)

أى فى النقطة (ب) ونرصد طرف الزاوية الأيسر (أ) بحيث تكون قراءة الدائرة الأفقيه صفراً ثم ندير منظارالجهاز ناحية اليمين ونرصد طرف الزاوية الثانى (جـ) فتكون القراءة الأخيرة على الجهاز هى قيمة الزاوية المطلوبة قياسها ويمكن قراءة الدائرة الأفقية عند التوجه على (أ) حيث لا تكون صفراً وتكون قيمة الزاوية المطلوب قياسها هى فرق القراءتين عند أ ، جـ .

وللجهاز خمس محاور رئيسية وهى كما فى شكل (٧٧)

١- المحور الرأسى لدوران الجهاز V-V

٢- المحور الأفقي لدوران المنظار H-H

٣- محور المنظار الطولى أى الانطباق Z-Z

وهو يتحرك فى المستوى الرأسى حول المحور H-H ويضم الخطوط الآتية:

أ- المحور الهندسى للمنظار.

ب - خط النظر وهو الخط الواصل بين مركز العدسة الشيئية ونقطة تقاطع الشعرات.

جـ المحور البصرى: وهو الخط الواصل بين مركز العدسة الشيئية ومركز العدسة العينية.

ويجب أن تنطبق هذه المحاور الثلاثة أ ، ب ، جـ لتكون محور المنظار العمودى أو خط الانطباق Z-Z .

٤- محور ميزان التسوية الخاص بالدائرة الأفقية L - L.

٥- محور ميزان التسوية الخاص بالدائرة الرأسية A -A .

وصف الجهاز:

المنظار : أغلب المناظير الحديثة تتكون من أنبوبة واحدة لها ثلاث عدسات شيئية وأخرى عينية وثالثة تسمي بعدسة التطبيق ويكون عملها تطبيق الصورة على حامل الشعرات (راجع المناظير المساحية فى باب الميزانية) وتتصل

بالمنظار عند أحد جانبيه الدائرة الرأسية (٩) وهى تدور معه وحول محوره الأفقي H - H.

وإذا كانت هذه الدائرة إلى يمين الراصد فيقال أن الجهاز (متيامن)، أما إذا كانت إلى يساره فيقال إن الجهاز (متياسر).

ويرتكز المحور الأفقى لدوران النظار علي حاملين ثابتين (٨) ومتساويين فى الارتفاع تماماً .

الدائرة الأفقيه : تتركب من قرص معدنى مشطوف الحافة ومقسم بالدرجات الستينية في اتجاه عقرب الساعة أى من صفر إلى ٣٦٠° ويسمى الجهاز بقطر دائرته مقدراً بالبوصات. وفى الغالب تكون الدائرة الأفقية مغطاة بغلاف يتصل بالأليداد لحفظها من المؤثرات الجوية أما فى منطقة الورنيات فتغطى بالزجاج وتتصل الدائرة الأفقية اتصالاً ثابتاً ومتعامداً مع المحور V-V.

ويثبت بالغلاف المعدني المغطى للدائرة الأفقية ورنيتان (٣) ويشترط أن يمر الخط الواصل بين صفر بهما بمركز الدائرة الأفقية تماماً .

ومقدار أصغر قسم علي الدائرة الأفقية يتراوح بين ٣٠ ، ٢٠ ، ١٠ دقيقة حسب نصف قطر للدائرة ، ولتعيين القراءات الأصغر من ذلك تستعمل الورنية فتصل القراءة إلى ٣٠ ، ٢٠ ، ١٠ ثوان.

قاعدة التيودوليت : هى الجزء الثابت من الجهاز وتتكون من طبقتين من المعدن يصل بينهما ثلاث مسامير للتسوية (١٥) الغرض منها إعداد الجهاز في وضع أفقى تماماً – وتتصل الطبقة من أسفل بالحامل ومن أعلى بالغلاف الخارجى لمحور الجهاز (٦) ويتعلق خيط الشاغول فى الجزء الأسفل من القاعدة على امتداد المحور الرأسى V-V لضبط عملية التسامت.

ضبط جهاز التيودوليت:

يجب أن تتوفر الشروط التالية قبل استعمال الجهاز للرصد.

١- **شروط مؤقتة :** ويقصد بها الضبط المؤقت لجهاز.

٢- **شروط دائمة :** ويقصد بها الضبط الدائم وتتم عندما يساء استعمال الجهاز

أو عند استعماله لأول مرة وسوف لا نتعرض لهذه الشروط الدائمة. وسنكتفى بالشروط المؤقتة وهى الضبط المؤقت للتيودوليت ويتم هذا الضبط قبل استعمال الجهاز للرصد.

الضبط المؤقت للجهاز ويشمل:

أ- عملية التسامت: ويقصد بها وضع الجهاز فوق النقطة (رأس الزاوية) المراد قياسها ويتم ذلك بواسطة خيط الشاغول والحركة المحورية للجهاز مع استعمال الحامل وتحريكه وكذا تحريك الجهاز علي قاعدته. إذ أن الجهاز يمكن أن ينزلق علي الحامل في حركة أفقيه كما ذكرنا.

ب - أفقيه الجهاز: ويقصد بها جعل ميزان التسوية الخاص بالدائرة الأفقية تماماً ولحدوث ذلك تستخدم مسامير التسوية الثلاث كما في حالة الميزان تماماً (انظر الضبط المؤقت للميزان واللوحة المستوية).

جـ - التطبيق: ويقصد به تصحيح خطأ الوضع أى تطبيق الصورة على مستوى حامل الشعرات ويتم ذلك بتحريك العدسة العينية حتي ترى الشعرات واضحة تماماً وبتحريك مسمار التطبيق حتى نرى الصورة أوضح ما يمكن.

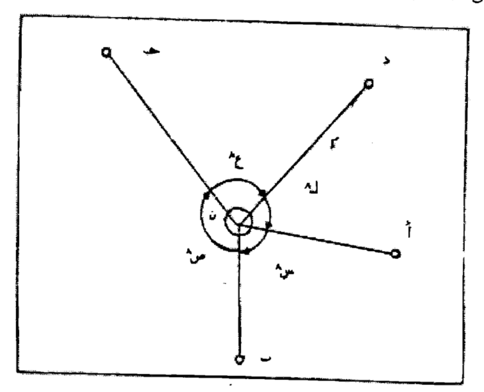
قياس الزوايا الأفقية:

يتم قياس الزوايا الأفقية بإحدى الطرق الآتية:

١- طريقة الزوايا الفردية:

لقياس الزوايا الأفقية جـ ن د تضع الجهاز متسامتاً فوق النقطة ن شكل (٧٨) ثم نجعله أفقياً ونحرك الأليداد فوق الدائرة وهو متيامن حتى ينطبق صفر الورنية (أ) على صفر المقياس بالتقريب فتربط مسمار الحركة السريعة بين الأليداد والدائرة الأفقية (١١). ويستعمل مسمار الحركة البطيئة حتى ينطبق الصفران بالضبط (وينطبق كذلك صفر الورنية (ب) على ١٨٠° ، إذا كان الجهاز مضبوطاً) بعد ذلك نحرك الأليداد وهو ما زال مثبتاً مع الدائرة الأفقيه وتوجه المنظار نحو نقطة جـ بالتقريب ثم نربط مسمار الحركة السريعة بين الدائرة الأفقيه والقاعدة

وكذلك نربط مسمار الحركة السريعة للمنظار في حركته الرأسية ثم نحرك مسماري حركتهما البطيئة حتى ينطبق تقاطع الشعرات في المنظار على النقطة جـ تماماً ويسمى الجهاز فى هذا الوضع بأنه موجه توجيهاً أساسياً . بعد ذلك نفك مسمار الحركة السريعة بين الأليداد والدائرة الأفقية ونحرك المنظار حركة أفقيه فى اتجاه دوران عقرب الساعة إلى أن نرصد نقطة د وندون قراءتى الورنيتين.



شكل رقم (٧٨)

تغير وضع المنظار من التيامن إلي المتياسر عند د ويتم ذلك بدوران المنظار حول محوره الأفقى ١٨٠° ودوران الجهاز حول محوره الرأسى ١٨٠° حتى تواجه الشيئية النقطة د مرة أخرى ونبدأ برصد د ثانية والجهاز متياسر ونلاحظ أن الورنية أ سوف تختلف فى القراءة عن الوضع الأول بمقدار ١٨٠° وبعد ذلك نحرك المنظارحركة أفقيه ضد دوران عقرب الساعة ونرصد النقطة جـ وندون القراءة للورنيتين.

وتكون قيمة الزاوية هى متوسط الوضعين المتيامن والمتياسر (انظر الجدول) وهو أبسط أنواع الجداول التى ترصد فيها الزوايا الأفقية ويسمي بجدول الزوايا المنفردة.

نقطة الرصد	النقطة المرصودة	الجهاز متيامن		الجهاز متياسر		المتوسط	الزاوية
		ورنية أ	ورنية ب	ورنية أ	ورنية ب		
		" ' °	" '	" ' °	" '	" ' °	" ' °
	جـ	٠٠ ٠٠ ٠٠	٥٠ ٠٠	٠٠ ٠٠ ١٨٠	٣٠ ٠٠	٢٠ ٠٠ ٠٠	
ن	د	٤٠ ٣٢ ٤٦	٥٠ ٣٢	٠٠ ٣٢ ٢٢٦	٣٠ ٣٢	٣٠ ٣٢ ٤٦	١٠" ٣٢' ٤٦°

وتوجد أنواع كثيرة من الجداول لتدوين قيم الأرصاد المأخوذة وحساب الزوايا الأفقية - وغالباً ما تقاس أكثر من زاوية أفقية واحدة محصورة بين عدة اتجاهات ويمكن قياس الزوايا ل ، س ، ص بنفس الطريقة السابقة.

٢- طريقة الاتجاهات:

إذا كان لدينا اتجاهات أربعة ن جـ ، ن د ، ن أ ، ن ب وكلها متفرعة من نقطة (ن) شكل (٧٨) وتحصر بينها الزوايا ع ، ل ، س ، ص فنتبع نفس الخطوات السابقة المتبعة فى قياس الزاوية المنفردة ولكننا فى هذه الحالة نعتبر أن جميع الأشعة إلى جـ ، د ، ب ، أ مرتبطة ببعضها كمجموعة واحدة ونفرض لها خطاً أساسياً نبتدئ منه الرصد وليكون ن جـ فيوجه التيودوليت توجيهاً أساسياً عند أول اتجاه وليكن ن جـ وهو متيامن (قراءة الورنية أ تقريباً صفر - انطباق تقاطع الشعرات فى المنظار على النقطة المرصودة جـ بعد ذلك نفك مسمار الحركة السريعة بين الأليداد والدائرة الأفقية ونحرك المنظار حركة أفقية فى اتجاه دوران عقرب الساعة إلى أن نرصد نقطة د وتدون قراءتى الورنيتين - ثم نحرك المنظار مرة أخرى حركة أفقيه فى اتجاه دوران عقرب الساعة إلى أن نرصد نقطة أ وندون كذلك قراءتى الورنيتين ونكرر العمل ونرصد نقطة ب ثم جـ ونغير بعد ذلك وضع المنظار من المتيامن إلى المتياسر ونحن عند الوضع الأخير جـ وهو الاتجاه الذى

بدأنا منه ويتم ذلك بدوران المناظر حول محوره الأفقى ١٨٠° ودوران الجهاز ١٨٠° حول محوره الرأسى حتى تواجه الشيئية النقطة جـ مرة أخرى - ونبدأ برصد النقطة جـ ثانية والجهاز متياسر . ونلاحظ أن الورنية أ سوف تختلف فى القراءة عن الوضع الأول بمقدار ١٨٠ °- وندون القراءة عند جـ ، نحرك المنظار حركة أفقية ضد دوران عقرب الساعة ونرصد النقطة ب ثم أ ، د وأخيراً نرصد النقطة جـ ثانية وفى كل مرة ندون قراءتى الورنيتين أ ، ب ونحسب متوسط الاتجاهات وهو متوسط الأربع قراءات للورنيات.

ونلاحظ هنا أننا قفلنا الأفق أى رصدنا النقطة الأولى جـ التى بدأنا منها ذلك للتحقق من عودة صفر الورنية إلى صفر المقياس فإذا كان الخطأ صغيراً ومسموحاً به يقسم على الإتجاهات المقاسة وإلا فيعاد الرصد من جديد أى أننا نضع شرطاً هنا وهو أن مجموع الزوايا ع ، ل ، س ، ص هو ٣٦٠°.

ونلاحظ أن التدوين فى الجدول يكون من أعلى إلى أسفل فى التيامن ومن أسفل إلى أعلى فى التياسر . مع ملاحظة أننا لم نفك المسمار السفلي المربوط طول رصد الوجهين.

والغرض من أخذ القراءات المختلفة (متيامن ومتياسر) هو الحصول على قيم متوسطة وهى أفضل قيمة للزوايا المرصودة إذ أن اختلاف الوضعين المتيامن والمتياسر يلغى أخطاء كثيرة دائمة فى الجهاز ، وللتغلب أيضاً على أخطاء التدريج بالجهاز فتؤخذ القراءات على أقواس مختلفة من الدائرة الأفقية (صفر° ، ٩٠°) والجدول يبين مثال لطريقة تدوين الأرصاد وحساب الزوايا ع ، ل س، ص (شكل ٧٨) المحصورة بين الاتجاهات جـ ، د ، أ ، ب ونلاحظ من الجدول ما يلى:

١- عمود (١) يبين قراءات الورنيات الأربعة لكل اتجاه.

٢- فى عمود (٢) أخذنا متوسط الاتجاهات من القوسين وكان الاتجاه الأخير عند القفل هو ٢٠´´ ٠٠´ ٣٦٠° بينما يجب أن يكون ٣٦٠° وبذلك يكون خطأ القفل فى الأفق أى بين الاتجاهات هو ٢٠´´ ثانية.

النقطة	ميامن ورنية أ	ميامن ب	مياسر ورنية أ	مياسر ب	(١) متوسط	(٢) الاتجاهات	(٣) متوسط الاتجاهات	الاتجاهات المصححة	الزوايا المصححة
	° ' "	"	° ' "	"	° ' "	° ' "	° ' "	° ' "	° ' "
جـ	٠٠ ٠٠ ٠٠	٠٠ ٣٠	٨٠ ٠٠ ٠٠	٠٠ ٣٠	٠٠ ٠٠ ١٥	٠٠ ٠٠ ٠٠	٠٠ ٠٠ ٠٠	٠٠ ٠٠ ٠٠	
د	٢٣ ١٧ ٣٠	١٧ ٠٠	٢٠٣ ١٧ ٠٠	١٧ ٣٠	٢٣ ١٧ ١٥	٢٣ ١٧ ٠٠	٢٣ ١٧ ١٠	٢٣ ١٧ ٠٥	٢٣ ١٧ ٠٥
أ	٦٦ ٤٤ ٠٠	٤٤ ٣٠	٢٤٦ ٤٤ ٣٠	٤٥ ٠٠	٦٦ ٤٤ ٣٠	٦٦ ٤٤ ١٥	٦٦ ٤٤ ١٠	٦٦ ٤٤ ٠٠	٤٣ ٣٦ ٥٥
ب	١٠٨ ٥٨ ٠٠	٥٨ ٣٠	٢٨٨ ٥٨ ٠٠	٥٨ ٣٠	١٠٨ ٥٨ ١٥	١٠٨ ٥٨ ٠٠	٥٠٨ ٥٨ ١٢,٥	١٠٨ ٥٧ ٧٥,٥	٤٢ ١٣ ٥٧,٥
جـ	٠٠ ٠٠ ٥٠	٠٠ ٤٠	٠٠ ٠٠ ٤٠	٠٠ ٥٠	٠٠ ٠٠ ٤٥	٠٠ ٠٠ ٣٠	٠٠ ٠٠ ٢٠	٠٠ ٠٠ ٠٠	٢٥١ ٠٢ ٠٢,٥
جـ	٤٥ ٠١ ٠٠	٠١ ٤٠	٢٢٥ ٠١ ٠٠	٠١ ٢٠	٤٥ ٠١ ١٥	٠٠ ٠٠ ٠٠			٣٦٠ ٠٠ ٠٠
د	٦٨ ١٨ ٤٠	١٨ ٥٠	٢٤٨ ١٨ ٢٠	١٨ ٣٠	٦٨ ١٨ ٣٥	٢٣ ١٧ ٢٠			
أ	١٠١ ٤٥ ١٠	٤٥ ٣٠	٢٩١ ٤٥ ٣٠	٤٥ ١٠	١٠١ ٤٥ ٢٠	٦٦ ٤٤ ٠٥			
ب	١٥٣ ٥٩ ٠٤	٥٩ ٣٠	٣٣٣ ٥٩ ٤٠	٥٩ ٥٠	١٥٣ ٥٩ ٤٠	١٠٨ ٥٨ ٢٥			
جـ	٤٥ ٠١ ٢٠	٠١ ١٠	٢٢٥ ٠١ ٣٠	٠١ ٤٠	٤٥ ٠١ ٢٥	٠٠ ٠٠ ١٠			

ويكون تصحيح كل زاوية بمقدار $\frac{-٢٠''}{٤} = -٥''$

فيصحح الاتجاه الأول بمقدار - ٥'' والثاني بمقدار - ١٠'' والثالث بمقدار -١٥'' و الاتجاهات الصحيحة مبينة في العمود (٤).

٣- الزوايا الصحيحة مبينة في عمود (٥) ومجموعها ٣٦٠° ويمكن الحصول عليها بطرح كل اتجاه من الذي يليه.

وهناك أجهزة تيودوليت حديثة تعطى مباشرة القيم المتوسطة لقراءتي الورنيتين بدلاً من أخذ قراءة كل منهما على حدة وفي هذه الحالة تندمج الخانتين (قراءة ورنية أ ، قراءة ورنية ب) في خانة واحدة تكتب في كل منها قراءة الجهاز.

توقيع الزاوية الأفقية:

غالباً ما يطلب توقيع وتعيين اتجاه معين يصنع مع اتجاه ثابت آخر زاوية أفقية محددة - فإذا كان لدينا الاتجاه أ جـ مثلاً ويراد تعيين اتجاه ب جـ يصنع مع أ جـ زاوية أفقية مقدارا ٣٠'' ٣٧' ٣٦°

لذلك نتبع الخطوات الآتية:

١- تسامت الجهاز فوق النقطة جـ ونضبط الجهاز ضبطاً مؤقتاً.

(التسامت ، الأفقية ، التطبيق) ، ونوجه التيودوليت توجيهاً أساسيا على النقطة أ (أي نجعل صفر إحدي الورنيتين منطبقاً على صفر الدائرة (الأفقية). ويتم هذا كما سبق بمسامير المجموعة السفلى.

٢- نفك مسمار الحركة الأفقية من المجموعة العليا وندير المنظار ونلاحظ الورنية حتى نأتي إلى وضع قريب من الزاوية المطلوب توقيعها - وعند ذلك بربط مسمار الحركة الأفقية السريعة وتلف مسمار الحركة البطيئة من المجموعة العليا حتى تقرأ الزاوية المطلوب توقيعها بالضبط.

٣- يتحرك شخص معه شاخص وشوكة اتجاه المنظار حتي تظهر صورة الشاخص بداخل المنظار ثم تحرك بدلاً من الشاخص شوكة حتى تظهر نهايتها السفلى عند تقاطع الشعرات.

٤- يمكن تحريك المنظار حركة رأسية لرصد الشوكة ويجب عدم تحريك أو لمس مسامير الحركة الأفقية من المجموعتين أثناء عملية التوقيع.

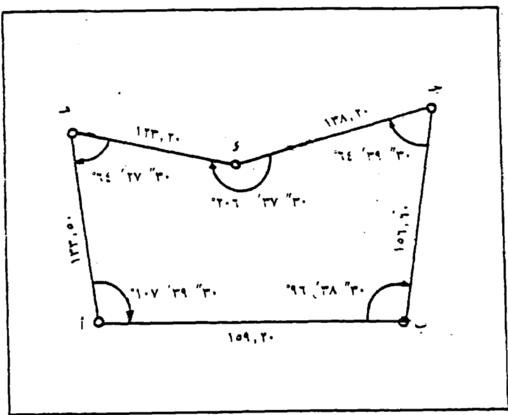
ترافرس التيودوليت:

سبق أن تعرضنا لتعريف الترافرس (المضلع) وأنواعه في باب المضلعات والبوصلة وأوردنا شرحاً مفصلاً لترافرس البوصلة ، وعند القيام بالأعمال المساحية الدقيقة فإننا نلجأ إلى ترافرس التيودوليت، وهو يختلف عن ترافرس البوصلة فى أرصاده حيث يستخدم التيودوليت فى قياس زوايا الترافرس مباشرة ويستخدم الشريط الصلب أو القياس التاكيومترى فى تحديد أطوال المضلع ويقاس كل طول فى المضلع مرتين على الأقل ذهاباً وإياباً وسنقتصر هنا على نوع واحد من الترافرسات وهو الترافرس المقفل ،هذا وقد سبق تعريفه كما توجد أنواع أخرى من المضلعات وهى الترافرس الموصل والترافرس المفتوح وشبكات الترافرسات.

وأرصاد ترافرس التيودوليت هى:

١- قياس زوايا الترافرس ٢- قياس أطوال الأضلاع.

والمطلوب دائما هو تحديد الاحداثيات الصحيحة لنقط الترافرس . ويتم قياس الزوايا بواسطة جهاز التيودوليت وتقاس دائما فى اتجاه تسمية الترافرس سواء أكانت الزوايا المقاسة الداخلية أو الخارجية ففى شكل (٧٩) لدينا الترافرس أ ب جـ د هـ أ وتسميته ضد عقرب الساعة لذلك نجد أن الزوايا المقاسة هى الداخلية: هذا ويتم قياس الزوايا بطريقة الزوايا المنفردة فى الوضعين المتيامن والمتياسر.



شكل رقم (٧٩)

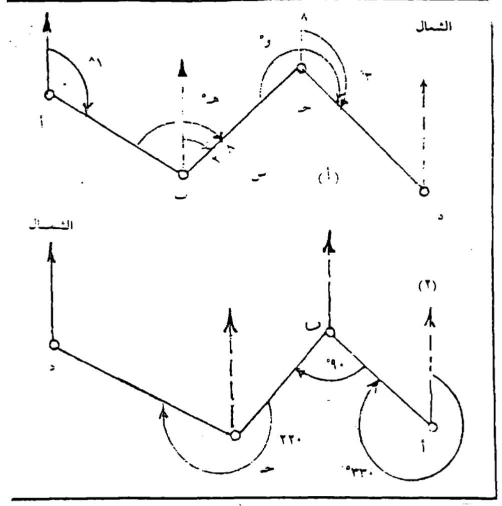
تحديد انحراف الأضلاع:

للحصول على إحداثيات نقط الترافرس فيجب أن تحول الزوايا المقاسة بعد تصحيحها إلى انحرافات بمعلومية انحراف أحد أضلاع المضلع ومثالاً لذلك نفرض أنه لدينا المضلع أ ب جـ د وقد قيست الزوايا عند أ ، ب ، جـ وكذلك انحراف الخط أ ب ولتعيين انحرافات الخطوط ب جـ ، جـ د لدينا فى شكل (٨٠-أ)

انحراف ب جـ = انحراف أ ب – س

= انحراف أ ب - (١٨٠ – هـ)

= انحراف أ ب + هـ -١٨٠°



شكل رقم (٨٠)

انحرافة ضلع ما = انحراف الضلع المعلوم + الزاوية من الضلع المعلوم إنحرافه إلي الضلع المطلوب في إتجاه عقرب الساعة ± ١٨٠°	(٢٣)

وفي شكل (٨٠) إذا كان إنحراف أ ب هو ٣٣٠°

والزاوية ب = ٩٠° ، جـ = ٢٢٠° فيكون :

انحراف ب جـ = انحراف أ ب + ٩٠ - ١٨٠°

= ٣٣٠ + ٩٠ - ١٨٠ = ٢٤٠°

، انحراف جـ د = انحراف ب جـ + ٢٢٠ - ١٨٠°

= ٢٤٠ + ٢٢٠ - ١٨٠ = ٢٨٠°

وإذا كان انحراف أ ب = ٢٥° والزاوية ب = ٤٥° والزاوية جـ = ١٤٠°

فيكون :

انحراف جـ د = ٢٥ + ٤٥ + ١٨٠ = ٢٥٠°

انحراف ب جـ = ٢٥٠ + ١٤٠ - ١٨٠ = ٢١٠°

حساب الترافرس :

خطوات حساب الترافرس المقفل هى:

١- تصحيح زوايا الترافرس :

ويتم ذلك برسم كروكى للترافرس وموضحاً عليه أطوال الأضلاع وقيم الزوايا المرصودة - ثم حساب خطأ القفل فى الزوايا حيث أنه فى أى مضلع مقفل يجب أن يكون :

مجموع الزوايا الداخلية أو الخارجية = (٢ ن ± ٤) ٩٠°	(٢٤)

حيث ن = عدد زوايا المضلع ويتم إيجاد الخطأ فى الزوايا من مجموع الزوايا المرصودة ومقارنتها بما يجب أن تكون ، بعد ذلك تصحح الزوايا بتوزيع هذا الخطأ على زوايا المضلع بالتساوي بشرط أن يكون مسموحاً به والخطأ المسموح به فى أي مضلع بالثوانى هو:

الخطأ المسموح به بالثواني = ٧٠″ $\sqrt{ن}$ أو = ضعف دقة الورنية $\sqrt{ن}$	(٢٥)

أما إذا زاد الخطأ عن المقدار المسوح به فيجب إعادة العمل كلية أو إعادة رصد الزوايا المشكوك فيها.

٢- حساب انحراف الأضلاع:

ويتم ذلك بمعلومية انحراف أحد أضلاع المضلع وزواياه المصححة . ومن واقع الانحرافات الدائرية نستنتج الانحرافات المختصرة.

٣- حساب مركبات الأضلاع:

وقد سبق الكلام عنها فى ترافرس البوصلة وتحسب أطوال المركبات الأفقية والرأسية من المعادلات الآتية:

المركبة الرأسية للمضلع = طول الضلع . جتا الانحراف المختصر (٢٦)

المركبة الأفقية للضلع = طول الضلع . جا الانحراف المختصر

وتختلف الإشارات لها حسب الربع الذى يقع فيه الضلع كما سق أن ذكرنا فى مضلع البوصلة.

٤- حساب خطأ القفل فى المركبات:

فى المضلعات المقفلة يجب أن يكون المجموع الجبرى لكل من المركبات الأفقية والرأسية مساوياً صفر - لذلك نحسب كل من المقدارين Σس ،Σ ص .
وإذا فرض أن :

Σس = Δ س ، Σ ص = Δ ص فتكون هذه الكميات هما المركبة الأفقية والرأسية لخطأ القفل على التوالى ويكون مقدار خطأ القفل مساوياً:

$$\text{خطأ القفل} = \sqrt{(\Delta \text{س}^2 + \Delta \text{ص})^2}$$

$$\text{نسبة خطأ القفل} = \frac{\text{مجموع أطوال المضلع}}{\text{خطأ القفل}} \qquad (٢٧)$$

هذا ويجب أن لا تتعدى نسبة خطأ القفل عن مقدار معين فمثلاً فى ترافرسات المدن فإن الخطأ المسموح به هو ١/٢٠٠٠ وهناك معادلة تختص بالمضلعات فى الأراضى الزراعية:

الخطأ المسموح به بالمم = ٢٥ + ٣١,٠ ل + ١٣,١ √ل

حيث ل = طول محيط الترافرس بالمتر.

وإذا تجاوز خطأ القفل قيمته فيجب إعادة قياس أطوال المضلع أو المشكوك فيها.

٥- توزيع خطأ القفل في المركبات وحساب المركبات المصححة:

هناك عدة طرق يمكن بواسطتها توزيع خطأ القفل وسنكتفى هنا بطريقة (بودتش) وهى طريقة عامة مستخدمة دائماً فى ترافرس التيودوليت وقد سبق لنا التعرض لها فى مضلع البوصلة (راجع البوصلة).

٦- إحداثيات نقط المضلع:

يتم حساب إحداثيات النقط بالنسبة لمحورين متعامدين أحدهما شمالاً - جنوباً ويعتبر لمحور الصادات والآخر شرقاً- غرباً ويعتير محور السينات وباعتبار أن نقطة الأصل هى إحدى نقط المضلع فيمكن بالجمع الجبرى للمركبات الحصول على الإحداثيات الكلية لنقط المضلع.

٧- توقيع المضلع علي الخريطة:

يمكن رسم المضلع إما بمعلومية الإحداثيات الكلية أو بمعلومية المركبات الأفقية والرأسية لأضلاعه، وفى الأعمال الدقيقة يستعمل جهاز خاص لتوقيع هذه النقط وهو جهاز توقيع الإحداثيات (Coordinatograph).

وفى طريقة المركبات نبتدئ بأى نقطة من نقط المضلع ويأخذ المركبات المصححة الأفقية والرأسية للأضلاع يتم تحديد باقى النقط وغالباً ما نستعمل إحدي هاتين الطريقتين حيث يمكن لنا بعد ذلك حساب وحصر مساحات المضلعات أو أجزاء منها وكذلك الحصول على أطوال قد يصعب أو يستحيل الحصول عليها من الطبيعة.

فيما يلي مثالاً لشرح الترافرس المقفل وخطوات الحساب له.

مثال:

الشكل (٧٩) يمثل كروكى لترافرس مقفل رصدت زواياه الداخلية وقيست أطوال أضلاعه كما هى موضحة والطلوب حساب المركبات الأفقية والرأسية وكذلك إحداثيات نقطه إذا كان انحراف أ ب هو١٠٤° وإحداثيات نقطة أ هى (صفر ، صفر) علماً بأن دقة الورنية للتيودوليت المستخدم هو ٣٠ً .

الحل.

أولاً - تصحيح خطأ القفل الزاوى:

بجمع الزوايا الرصودة نجد أن المجموع هو = ٣٠ً ٢ً ٥٤٠°

وحيث أن زوايا المضلع عددها ٥ فيجب أن يكون مجموع الزوايا الداخلية = (٢ ن - ٤) ٩٠° = ٥٤٠°

∴ الخطأ = ٣٠ً ٢ً المسموح به هو = ٢ × ٣٠ً √٥ = ٣٦ً ٢ً

وبتوزيع هذا الخطأ على الخمس زوايا بالتساوى فيكون تصحيح كل زاوية = ٣٠ً فتطرح من كل زاوية ٣٠ً فتصبح الزوايا كالآتى:

أ	=	٠٠ً ٣٩ً ١٠٧°
ب	=	٠٠ ٣٨ ٩٦
جـ	=	٠٠ ٣٩ ٦٤
د	=	٠٠ ٣٧ ٢٠٦
هـ	=	٠٠ ٣٧ ٦٤
المجموع	..	٠٠ ٥٤٠

ثانياً - إيجاد انحرافات الخطوط :

يتم أولاً إيجاد الانحرافات الدائرية مبتدئين بالخط المعلوم انحرافه وهو أ ب وانحرافه هو ..ً ١٠٤° .

انحراف أ ب = ٠٠´ ١٠٤°

الضلع	الانحراف	+ الزاوية	± ١٨٠°	= الانحراف
ب جـ	= ١٠٤°	+ ٣٨´ ٩٦°	+ ١٨٠°	= ٣٨´ ٢٠°
جـ د	= ٣٨´ ٢٠°	+ ٣٩´ ٦٤°	+ ١٨٠°	= ١٧´ ٢٦٥°
د هـ	= ١٧´ ٢٦٥°	+ ٣٧´ ٢٠٦°	- ١٨٠°	= ٥٤´ ٢٩١°
هـ أ	= ٥٤´ ٢٩١°	+ ٢٧´ ٦٤°	- ١٨٠°	= ٢١´ ١٧٦°
أ ب	= ٢١´ ١٧٦°	+ ٢٩´ ١٠٧°	+ ١٨٠°	= ٠٠´ ١٠٤°

وبذا نجد أن انحراف أ ب المحسوب هو الانحراف المعلوم وبذا يكون العمل الحسابى صحيح .

والإنحرافات المختصرة هى:

أ ب : جـ ٠٠´ ٧٦° ق

ب جـ : ش ٣٨´ ٢٠° ق

جـ د : جـ ١٧´ ٨٥° ع

د هـ : ش ٠٦´ ٦٨° غ

هـ أ : جـ ٣٩´ ٠٣° ق

ثالثا - لحساب مركبات الأضلاع وتصحيحها وكذلك حساب الإحداثيات ونسبة خطأ القفل انظر الجدول .

جدول حساب الترافرس المقفل

الخط	الانحراف	الانحراف المختصر	الجيب	جيب التام	الطول بالمتر	المركبة الرأسية غير المصححة	المركبة الأفقية غير المصححة	المركبة الرأسية مصححة	المركبة الرأسية مصححة
	° ' "								
ا ب	١٠٤ ٠٠ ٠٠	جـ ٧٦٠٠ ق	٠,٩٧٠٣	٠,٢٤٢٠	١٩٥,٢٠	- ٤٧,٢٤	+ ١٨٩,٤٠	- ٤٧,٤٢	+ ١٨٩,١٢
ب جـ	٢٠ ٣٨ ٠٠	س ٣٨ ٢٠ ق	٠,٣٥٢٤	٠,٩٣٥٨	١٥٦,٦٠	+ ١٤٦,٥٥	+ ٥٥,١٩	+ ١٤٦,٤١	+ ٥٤,٩٦
جـ د	٢٦٥ ١٧ ٠٠	جـ ١٧ ٨٥ غ	٠,٩٩٦٦	٠,٠٨٢٢	١٣٨,٢٠	- ١١,٣٦	- ١٣٧,٧٣	- ١١,٤٨	- ١٣٧,٩٣
د هـ	٢٩١ ٥٤ ٠٠	س ٦٨٠٦ غ	٠,٩٢٧٨	٠,٣٧٣٠	١٢٣,٢٠	- ٤٥,٩٥	- ١٤٤,٣	+ ٤٥,٨٤	- ١١٤,٤٧
هـ ا	١٧٦ ٢١ ٠٠	جـ ٣٩ ٠٣ ق	٠,٠٦٣٧	٠,٩٩٨٠	١٣٣,٥١	- ١٣٣,٢٣	+ ٠,٨٥	- ١٣٣,٣٥	+ ٨,٣٢
				٤	٧٦٤,٧	+ ١٩٢,٥٠	+ ٢٥٣,٠٩	+ ١٩٢,٢٥	+ ٢٥٢,٤٠
						- ١٩١,٨٣	- ٢٥٢,٠٣	- ١٩٢,٢٥	- ٢٥٢,٤٠
	خطأ القفل = $\sqrt{٠,٦٧^٢ + ١,٠٦^٢}$ = ١,٢٥٣٩ متراً نسبة خطأ القفل = $\frac{١,٢٥٣٩}{٧٦٤,٧}$ = $\frac{١}{٦٠٠}$					Δ ص + ٠,٦٧	Δ س + ١,٠٦	صفر	صفر

إحداثيات نقط المضلع

	رأسي	أفقي
أ	صفر	صفر
أ ب	- ٤٧,٤٢	+ ١٨٩,١٢
ب	- ٤٧,٤٢	+ ١٨٩,١٢
ب جـ	+ ١٤٦,٤١	+ ٥٤.٩٦
جـ	+ ٩٨,٩٩	+ ٢٤٤,٠٨
جـ د	- ١١,٤٧	- ١٣٧,٩٣
د	+ ٨٧,٥١	+ ١٠٦,١٥
د هـ	+ ٤٥,٨٤	- ١١٤,٤٧
هـ	+ ١٢٣,٣٥	- ٨,٣٢
هـ أ	- ١٣٣,٣٥	+ ٨,٣٢
أ للتحقق	صفر	صفر

مسائـــــل

١- طريق د جـ لم يمكن قياس طوله أو انحرافه فأجريت الأرصاد المبينة بالشكل (زوايا وأطوال) ما طول د جـ و ما انحرافه الدائري إذا علم أن انحراف د أ = ٢٦٠°

٢- أخذت الأرصاد المبينة بالشكل لمضلع يحيط بقطعة أرض مثلثة الشكل أوجد خطأ القفل في الضلع وهل هو مسموح به في حالات الترافرسات المختلفة. إذا كان هذا مضلع بوصلة فهل يكون خطأ القفل مسموح به . وزع خطأ القفل بطريقتي بودنش والإحداثيات علماً بأن انحراف جـ ب = ١٤َ ٣٢٠°

٣- قيست إحدي الزوايا الخارجية في مثلث (بين امتداد ضلع و احد الأضلاع) بطريقة التكرار ثلاثة عشر مرة فكانت القراءة النهائية هي ٤٤َ ١٠٤° ما قيمة الزاوية .

٤- قيست في مثلث أ ب جـ الزاوية الخارجية جـ بطريقة التكرار أربع مرات فكانت القراءة النهائية هي ٤٥َ ٢٢° . ما قيمة هذه الزاوية إلي أقرب ثانية .

٥- ترافرس مقفل رصدت أطوال أضلاعه وزواياه فكانت كما يلي:

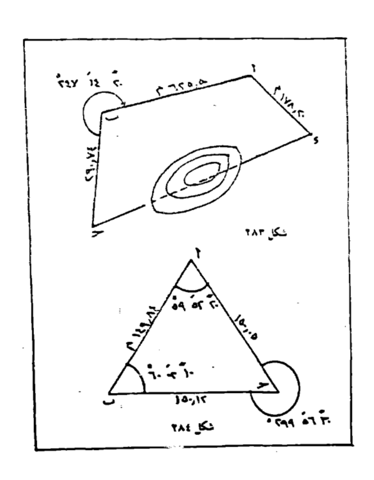
الضلع	الطول		الزاوية
أ ب	٦٩١	أ :	٣٣َ ٦٤°
ب جـ	٦١٦	ب :	٣٥َ ٢٠٦°
جـ د	٦٧٨	جـ :	٢١َ ٦٤°
د هـ	٩٧١	د :	٣٤َ ١٠٧°
هـ أ	٧٨٣	هـ :	٣٩َ ٩٦°

فإذا كانت تسمية الترافرس ضد عقرب الساعة. وإحداثيات النقطة أ هي (١٠٠ ، ١٠٠) فاحسب الإحداثيات المصححة لنقط الترافرس علماً بأن انحراف أ ب هو ٢١٠° احسب المساحة المحصورة داخل هذا المضلع بطريقتين مختلفتين.

٦- مضلع مقفل رصدت أطوال أضلاعه وعينت زواياه فكانت

الضلع	الطول	الزاوية
أ ب	٥٧,٤	أ̂ = ٧١°
ب جـ	٦٦,٠٠	ب̂ = ١٢٦
جـ د	٥١,٥٠	جـ̂ = ٤٠°
د هـ	٣٩,٣٠	د̂ = ٢٢٣°
هـ أ	٧٠,٧٠	هـ̂ = ٧٠°

عين المركبات الصحيحة لخطوطه وقيمة خطأ القفل وذلك إذا كان الخط أ ب يتجه شمالاً تماماً.



شكل ٢٨٣

شكل ٢٨٤

أوجد القيم المصححة للزوايا والاتجاهات من الأرصاد المبينة في الجدول :

النقطة المرصودة	وجه أيمن (ورنية أ)	وجه أيمن (ب)	وجه أيسر (أ)	وجه أيسر (ب)
ن	١٤″ ٥٥′ ٧٧°	١٦″ ٠٤′	٣٨″ ٥١′ ٢٥٧°	٠٤″ ٠٨′
و	١٨ ٠٢ ٢٦٨	٠٨ ٥٦	١٠ ٠٢ ٨٨	١٤ ٥٥
ح	٠٨ ٤١ ٣٠٤	٠٠ ٤١	١١ ٤٨ ١٢٤	٢٠ ٣٨
ن	٠١ ٠٦ ٧٨	١٤ ٥٤	٣٢ ٥٦ ٢٥٧	٠٢ ٥٦
ن	٥٤ ٣٨ ١٩٠	١٠ ٣٧	١٥ ٤٤ ١٠	٣٠ ٤٠
و	١٧ ٥٧ ٢١	١٠ ٠٤	٤٠ ١٠ ٢٠٢	١٠ ٥٦
ح	٠٤ ٢٨ ٥٧	٠١ ٢٦	٤٢ ٢٣ ٢٣٧	٠٠ ٤٢
ن	١٦ ٥٨ ١٩١	٠٤ ٠٤	٢٠ ٥٦ ١١	١٠ ٠٠

٨- أخذت الأرصاد الآتية حول نقطة ن . أوجد الإتجاهات والزوايا المصححة

النقطة	متيامن					متياسر				
	ورنية أ			ورنية ب		ورنية أ			ورنية ب	
أ	١٦″	٥٤′	٤٤°	١٨″	٠٤′	٢٤″	٥٦′	٢٢٤°	٢٦″	٠١′
ب	٢٣	٠٤	١٨٧	١١	٥٨	٤٤	٠٢	٠٧	١٠	٥٤
جـ	٠١	٤٤	٣٢٤	١٢	٤٠	٤١	٣٨	١٤٤	٢٢	٣٧
أ	٢٣	٥٨	٤٤	٠٠	٠١	٢٣	٥٢	٢٢٤	٠٢	٠٤
أ	٠٠	٠٤	١٧٦	٠٤	٠٢	٠٨	٠٨	٢٥٦	١٤	٥٨
ب	٤٤	٠٨	٣١٨	١٦	٥٧	١٦	٥٦	١٤٩	١٦	٠٢
جـ	١٢	١٢	٩٥	١٢	١٤	٢٤	١٤	٢٧٥	١٦	١٨
أ	٠٠	٠٢	١٧٦	٠٠	٠٠	٠٠	٠٦	٣٥٦	١٠	٥٤

٩ الجدول التالي يبين قياس زوايا حول نقطة ن . أحسب القيم المصححة لكل من الزوايا والإتجاهات

النقطة المرصودة	متيامن ورنية أ			ورنية ب		متياسر ورنية أ			ورنية ب	
أ	٤٥°	٠٢'	١٤''	٥٨'	٢٢''	٢١٥°	٠١'	١٦''	٥٦'	١٠''
ب	١١٧	٢٤	٠١	٢٣	٤٤	١٩٧	١٨	٢٢	١٩	٤٤
حـ	٢٩٦	٥٧	٥٢	٥٤	١٨	١١٧	٠٣	٥٧	٠١	١٨
أ	٤٤	٥٨	٠٠	٥٦	٠٠	٢٢٥	٠٠	٠٠	٠٢	٠٤
أ	١٣٤	٥٦	٠٠	٥٤	١٢	٣١٥	٠٢	١٤	٥٦	١٦
ب	٢٠٧	١٧	١٤	٢١	٢٨	٢٧	١٩	٠٠	٢٤	٢٤
حـ	٢٦	٥٢	١٨	٤٩	٣٦	٣٠٦	٥١	٥٢	٥٤	١٨
أ	١٣٤	٥٨	٠٠	٠١	٠٠	٣١٤	٥٦	٠٠	٥٥	٥٤



الباب السابع

المساحـــات

Areas

حساب المساحات :

من الأعمال الهامة فى المساحة إيجاد المسطحات سواء من الخرائط أو من الطبيعة مع مراعاة أن المساحات التى تتعامل بها هى المسقط الأفقى وليست المساحات الحقيقية لأننا نعين دائما المسافات الأفقية وليست المائلة أو المتعرجة .

طرق تقدير المساحات:

يوجد مصدران أساسيان لتقدير المساحات وهما :

أ- **من الخرائط** : وهى الأكثر استعمالاً لأنها أسهل وبالرغم من أنه قد تكون بها أخطاء رسم.

ب- من **الأرصاد فى الطبيعة** : وهى من أدق الطرق لعدم وجود أى أخطاء بها وعلى الرغم من ذلك فإنها لا تستخدم إذ يجب أن نرجع إلى المنطقة فى الطبيعة لأخذ بيانات عن أطوال أو أشكال نحتاج إليها لتعيين المسطحات.

طرق إيجاد المساحات:

ويمكن تقسيم الطرق العامة المستخدمة لإيجاد المسطحات عموماً إلى:

١- الطرق الحسابية : وهى أدق الطرق وفيها يمكن تقسيم الأرض إلى أشكال منتظمة مثل المثلثات أو المستطيلات أو الأشكال الرباعية وهكذا يمكن تطبيق قوانين الأشكال المنتظمة عليها.

٢- **الطريقة النصف حسابية** : وهى تستخدم فى المساحات الضيقة وفيها نقسم الرسم إلى شرائح وتستعمل قوانين خاصة كما سيأتى بعد.

٣- **الطرق الميكانيكية** : وهى تعتمد على استخدام أجهزة معينة لتعيين المساحات المختلفة مثل البلانيمتر ومسطرة التفدين وتستخدم عموماً فى حساب مسطحات الأراضى الكثيرة التعاريج.

أولاً - الطرق الحسابية:

وفيها تقسم الأرض إلى مجموعة من الأشكال الهندسية المنتظمة ثم تحسب مساحات هذه الأجزاء وبجمعها نحصل على المساحة الكلية.

مساحة الأشكال المنتظمة:

١- المثلث شكل (٨١)

إذا كان المثلث معلوم فيه ضلعان والزاوية بينهما فإن :

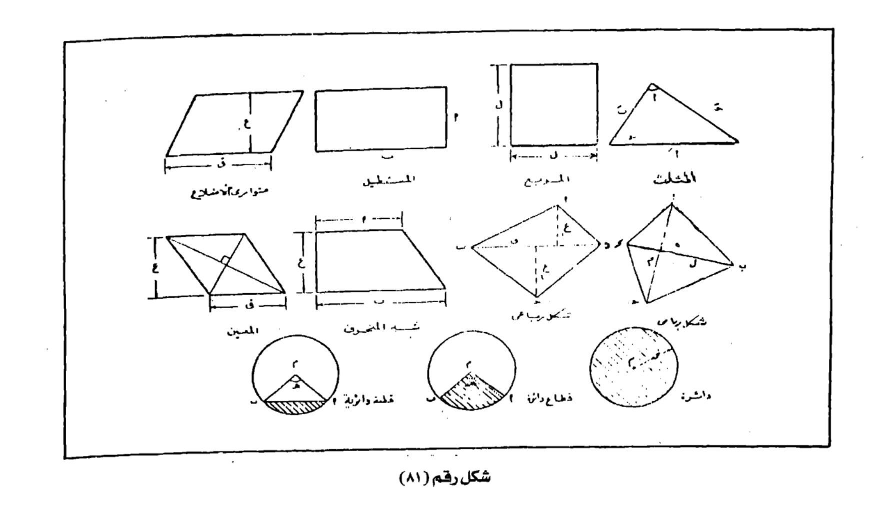
المساحة = نصف حاصل ضرب الضلعين X جيب الزاوية المحصورة بينهما.

$$م = \frac{١}{٢} بَ جَ جا أ = \frac{١}{٢} جَ أَ جا ب = \frac{١}{٢} أَ بَ جا جـ \qquad (٢٩)$$

إذا كان المثلث معلوم أضلاعه الثلاثة فإن:

$$م = \sqrt{ح (ح - أَ) (ح - بَ) (ح - جـَ)} \qquad (٣٠)$$

حيث ح = $\frac{١}{٢}$ (أَ + بَ جـَ) = نصف المحيط.


المثلث
المربع
المستطيل
متوازي الأضلاع
شكل رباعي
شكل رباعي
شبه المنحرف
المعين
دائرة
قطاع دائري
قطعة دائرية

شكل رقم (٨١)

٢- الأشكال الرياعية :

المربع = ل ٢	(٣١)
المستطيل = أ ب	(٣٢)
متوازى الأضلاع = ق ع = القاعدة X الارتفاع	(٣٣)
المعين = $\frac{١}{٢}$ حاصل ضرب القطرين = ق X ع	(٣٤)
شبه المنحرف = القاعدة المتوسطة X الارتفاع = $\frac{أ + ب}{٢}$ X ع	(٣٥)
شكل رباعي = ق ($\frac{ع + ع٣}{٢}$)	(٣٦)

= $\frac{١}{٢}$ حاصل ضرب القطرين X جيب الزاوية بينهما.

= $\frac{١}{٢}$ م ل جا هـ	(٣٧)

٣- مساحة الأشكال الدائرية :

الدائرة = ط نق٢ = $\frac{\text{ق ط}^{٢}}{٤}$	(٣٨)

القطاع الدائري أ م ب = $\frac{١}{٢}$ هـ نق٢	(٣٩)

القطعة الدائرية أ ب جـ = $\frac{١}{٢}$ نق٢ (هـ - جا هـ)	(٤٠)

٤- مساحة الأشكال المنتظمة المتعددة الأضلاع:

شكل منتظم عدد أضلاعه ن = $\frac{١}{٢}$ أ ع ن	(٤١)

حيث أ = طول ضلع الشكل

أ = ٢ ع ظا $\frac{\theta}{٢}$ شكل (٨٢)

شكل منتظم عدد أضلاعه ن = ن ع٢ ظا $\frac{\theta}{٢}$	(٤٢)

م = $\frac{ن}{٢}$ نق٢ جا $\frac{٣٦٠}{٢}$ (٤٣)

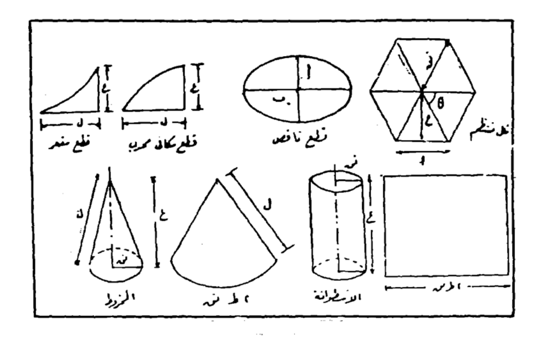
٥- مساحة الأشكال المحددة بمنحنيات خاصة:

القطع المكافئ المحدب = $\frac{٢}{٣}$ ل ع	(٤٤)

القطع المكافئ المقعر = $\frac{١}{٣}$ ل ع	(٤٥)

الـقـطـع الـنـاقـص = ط أ ب	(٤٦)

حيث أ ، ب هما نصفي القطرين



شكل رقم (٨٢)

٦- مساحة السطوح للأجسام المنتظمة شكل (٨٢) :

مساحة سطح الأسطوانة = ٢ ط نق ع	(٤٧)

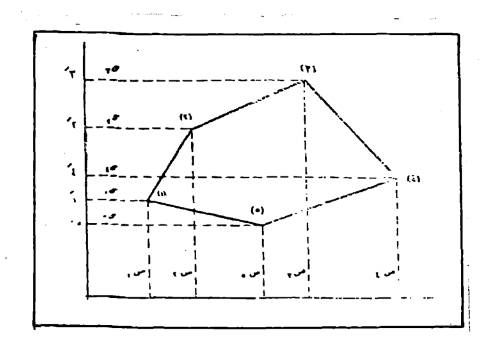
مساحة سطح المخروط = ط نق ل = $\frac{١}{٢}$ محيط قاعدة المخروط x طول الراسم	(٤٨)

مساحة سطح الكرة = ٤ ط نق٢	(٤٩)

٧- مساحة الأشكال المحددة بخطوط مستقيمة :

(أ) المساحة بمعلومية إحداثيات الرؤوس :

الطريقــة : لحساب مساحة المضلع فى الشكل ترقم النقط فى اتجاه دائرى واحد وتحسب إحداثيات رؤوس المضلع ونجد فى شكل (٨٣) أن إحداثيات رؤوس المضلع المبين هى:



شكل رقم (٨٣)

(س١ ، ص١) ، (س٢ ، ص٢) ، (س٣، ص٣) ، (س٤ ، ص٤) ، (س٥، ص٥).

ومساحة هذا الشكل ١ - ٢ - ٣ - ٤ - ٥ - ١ يمكن حسابها بإضافة مساحة أشباه المنحرفات ٣٣َ ٤َ ٤ ، ٤٤َ ٥َ ٥ وطرح أشباه المنحرفات ٣٣َ ٢َ ٢ ، ٢٢َ ١َ ١ ، ١١َ ٥َ ٥ .

وبإيجاد مساحة أشباه المنحرفات بدلالة س١ ، ص١ ، س٢ ، ص٢ ،

المساحة = $\frac{١}{٢}$ (س$_{٤}$ + س$_{٣}$) (ص$_{٣}$ − ص$_{٤}$)

\+ $\frac{١}{٢}$ (س$_{٤}$ + س$_{٥}$) (ص$_{٣}$ − ص$_{٥}$)

− $\frac{١}{٢}$ (س$_{٣}$ + س$_{٢}$) (ص$_{٢}$ − ص$_{٢}$)

− (س$_{٢}$ + س$_{١}$) (ص$_{٢}$ − ص$_{١}$)

− (س$_{١}$ + س$_{٥}$) (ص$_{١}$ − ص$_{٥}$)

ضعف المساحة = (س$_{٢}$ + س$_{١}$) (ص$_{٢}$ − ص$_{١}$)

\+ (س$_{٣}$ + س$_{٢}$) (ص$_{٣}$ − ص$_{٢}$)

− (س$_{٤}$ + س$_{٣}$) (ص$_{٤}$ − ص$_{٣}$)

− (س$_{٥}$ + س$_{٤}$) (ص$_{٥}$ − ص$_{٤}$)

− (س$_{١}$ + س$_{٥}$) (ص$_{١}$ − ص$_{٥}$)

ضعف المساحة = ص$_{١}$ (س$_{٢}$ − س$_{٥}$) + ص$_{٢}$(س$_{٣}$ − س$_{١}$)

\+ ص$_{٣}$ (س$_{٤}$ − س$_{٢}$) + ص$_{٤}$(س$_{١}$ − س$_{٣}$)

\+ ص$_{٥}$ (س$_{١}$− س$_{٤}$)

$$\text{المساحة} = \frac{١}{٢} \text{ مج ص}_{ن} \left(\text{س}_{ن+١} - \text{س}_{ن-١} \right)$$

$$= \frac{١}{٢} \text{ مج س}_{ن} \left(\text{ص}_{ن+١} - \text{ص}_{ن-١} \right)$$

أى أن ضعف مساحة أى شكل معلوم إحداثيات رؤوسه يساوى مجموع حاصل ضرب كل إحداثى رأسى فى الفرق بين الإحداثيين الأفقيين اللاحق والسابق له.

وهو يساوى أيضاً:

مجموع حاصل ضرب كل إحداثى أفقى فى الفرق بين الإحداثيين الرأسيين اللاحق والسابق له.

هذا ويمكن إيجاد المساحة بمعلومية إحداثيات النقط بطريقة بسيطة وسهلة وتتلخص فيما يلى :

١- ترتب إحداثيات كل نقطة على هيئة بسط ومقام بحيث يكون الإحداثى السينى فى البسط لكل النقط (أو الصادى) وتوضع بترتيب دائرى واحد بحيث تنتهى بالنقطة التى ابتدأنا منها مع مراعاة وضع الإحداثيات بإشارتها الجبرية.

٢- بضرب كل مقام فى بسط الكسر التالى (وهو مبين بخطوط مائلة كاملة) ثم يضرب كل بسط فى المقام للحد التالى له (وهو مبين بخطوط متقطعة).

٣- تجمع كل حواصل الضرب فى الخطوط الكاملة على حدة والخطوط المتقطعة على حدة والفرق الجبرى بينهما يكون هو ضعف المساحة وذلك بغض النظر عن الإشارة الجبرية.

والمعادلة المستخدمة تكون على الشكل:

$$\text{ضعف المساحة} = \left[\frac{\text{س}_١}{\text{ص}_١} \times \frac{\text{س}_٢}{\text{ص}_٢} \times \frac{\text{س}_٣}{\text{ص}_٣} \times \frac{\text{س}_٤}{\text{ص}_٤} \times \frac{\text{س}_١}{\text{ص}_١} \right] \quad (٥٠)$$

ب - المساحة بمعلومية مركبات أضلاع الشكل:

يتم حساب المساحة المحصورة داخل أى مضلع مقفل بمعلومية مركبات الأضلاع باتباع القاعدة التالية:

المساحة المحصورة داخل مضلع مقفل تساوى المجموع الجبرى لحاصل ضرب مسقط كل ضلع على المحور الصادى x العمود الساقط من منتصف هذا الضلع على محور الصادات مع ملاحظة النقاط التالية.

١- المجموع الجبرى للمركبات الأفقيه للمضلع المقفل = صفر

٢- المجموع الجبرى للمركبات الرأسية للمضلع المقفل = صفر

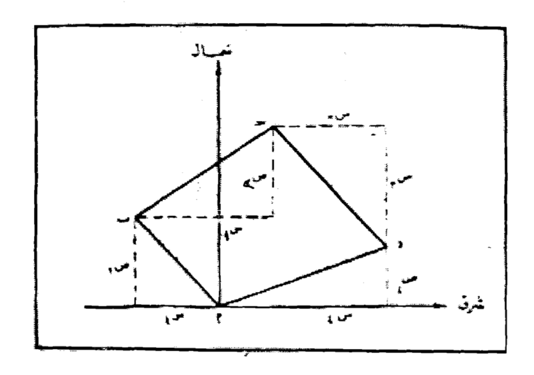
٣- المركبة الأفقية = طول الضلع x جيب الانحراف المختصر

٤- المركبة الرأسية = طول الضلع x جيب تمام الانحراف المختصر.

وتتلخص الطريقة فى تدوين المركبات الأفقية والرأسية للمضلع فى جدول وتؤخذ المركبة الأفقية باعتبارها مسقط الضلع على المحور السينى ويكون ضعف العمود هو الاحداثى الصادى على أن تؤخذ أضلاع المضلع فى ترتيب دورى واحد.

فإذا كان لدينا مضلع مقفل أ ب جـ د أ شكل (٨٤)

والمركبات الأفقية والرأسية لأضلاعه أ ب ، ب جـ ، جـ د ، د أ هى على التوالي (س١ ، ص١) ، (س٢ ، ص٢) ، (س٣ ، ص٣) ، (س٤، ص٤) فتوجد المساحة باستخدام جدول كالآتى:



شكل رقم (٨٤)

الضلع	المركبة الأفقية	المركبة الرأسية	ضعف العمود	المسقط × ضعف العمود
ا ب	س١	ص١	ص	س١ ص٢
ب جـ	س٢	ص٢	٢ ص١ + ص٢	س٢ (٢ ص١ + ص١)
جـ د	س٣	ص٣	٢ (ص١ + ص٢) + ص٣	س٣ [٢ (ص١ + ص٢) + ص٣]
د ا	س٤	ص٤	٢ (ص١ + ص٢ + ص٣) + ص٤	س٤ [٢ (ص١ + ص٢ + ص٣) + ص٤]
مج	صفر	صفر		المساحة = $\frac{١}{٢}$:[ ]

ويمكن إبدال الإحداثى الصادى بالأحداثى السينى كضعف للعود . وتكون المساحة المحصورة عبارة عن نصف المقدار:

ص$_{1}$ س$_{1}$ + ص$_{2}$ { ٢ س + س$_{2}$ } + ص$_{3}$ { ٢ (س$_{1}$ + س$_{2}$) + س$_{3}$)

+ ص$_{4}$ { ٢ (س$_{1}$ + س$_{2}$ + س$_{3}$) + س$_{4}$ }

أي أن :

المساحة = $\frac{1}{2}$ مج المسقط x ضعف العمود (٥١)

ثانيا - الطرق النصف حسابية:

وتستعمل فى الأراضى الممتدة كالشرائح والمساحات الضيقة وتتلخص الطريقة فى أخذ خط أو محور يوازى طول المنطقة تقريباً إما فى الرسم أو فى الطبيعة ويقسم إلى أجزاء متساوية فى الجزء المقطوع بين القطعة ثم نقيم من نقط التقسيم أعمدة ونتبع إحدى الطرق الآتية حسب دقة الحساب المطلوبة مع أخذ الفروض الآتية:

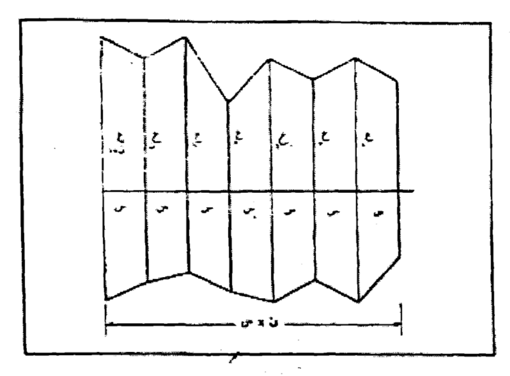
ن = عدد الأقسام فى المنطقة كلها

س = المسافة بين كل عمودين متتاليين.

١- طريقة متوسط الارتفاعات:

وهذه الطريقة تعتبر من الطرق التقريبية إذ تحسب المساحة الكلية للمنطقة على أساس أخذ متوسط الأعمدة فتحوله المساحة كلها إلى مستطيل طوله عبارة عن طول القطعة وارتفاعه هو متوسط الأعمدة.

فإذا كان المراد حساب المساحة للقطعة المبينة فى شكل (٨٥) مثلاً فإننا نجد أن:



شكل رقم (٨٥)

المساحة = ن س (مجموع الأعمدة / عدد الأعمدة)

المساحة = ن س مج (ع ن + ١) / ن + ١ (٥٢)

حيث

ن = عدد الأقسام المتساوية.

س = المسافة بين كل عمودين متتاليين:

٢- طريقة أشباه المنحرفات:

وهى طريقة أدق من سابقتها والطريقة هى أن تحسب المساحة على أساس أن كل قسم عبارة عن شبه منحرف قاعدتاه العمودان وارتفاعه س ، ففى شكل (٨٥) نجد أن:

$$\text{المساحة} = \frac{١}{٢}\,\text{س}\,(\text{ع}_{١} + \text{ع}) + \frac{١}{٢}\,\text{س}\,(\text{ع}_{٢} + \text{ع}_{٣})$$

$$+ \frac{١}{٢}\,\text{س}\,(\text{ع}_{٣} + \text{ع}_{٤}) + \frac{١}{٢}\,\text{س}\,(\text{ع}_{٤} + \text{ع}_{٥})$$

$$+ \frac{١}{٢}\,\text{س}\,(\text{ع}_{٥} + \text{ع}_{٦}) + \frac{١}{٢}\,\text{س}\,(\text{ع}_{٦} + \text{ع}_{٧})$$

$$= \frac{١}{٢}\,\text{س}\,(\text{ع}_{١} + ٢\text{ع}_{٢} + ٢\text{ع}_{٣} + ٢\text{ع}_{٤} + ٢\text{ع}_{٥} + ٢\text{ع}_{٦} + \text{ع}_{٧})$$

المساحة = $\frac{١}{٢}$ عرض القسم (العود الأول + العمود الأخير + ضعف الأعمدة الباقية)

(٥٣)

وتعطى هذه الطريقة نتائج دقيقة إذا كانت حدود الأرض متكسرة.

٣- طريقة سمسون (الطريقة الدقيقة):

وتستعمل إذا كانت حدود الأرض منحنية تماماً بمعنى أنه يمكننا اعتبار كل ٣ نقط من الحدود عبارة عن منحنى قطع مكافئ.

المساحة = $\frac{\text{س}}{٣}$ (العمود الأول + العمود الأخير + ضعف الأعمدة الفردية الباقية + أربعة أمثال الأعمدة الزوجية)

(٥٤)

$$= \frac{\text{س}}{٣}\,[\text{ع}_{١} + \text{ع}_{\text{ن}+١} + ٢\,(\text{ع}_{٣} + \text{ع}_{٥} + \text{ع}_{٧} + \ldots) + ٤\,(\text{ع}_{٢} + \text{ع}_{٤} + \text{ع}_{٦} + \ldots)]$$

ويراعى أن يكون عدد الأقسام ن زوجى ، وإذا كان فردياً يحذف قسم عند أحد الطرفين وتحسب مساحته على حدة باعتباره ، إما مثلث أو شبه منحرف أو قطع مكافئ محدب أو مقعر حسب الشكل.

ويلاحظ أنه فى حالة عدم وجود عمود فى بداية القطعة أو نهايتها أو فى كل منهما يجب اعتبار العمود الأول أو الأخير أو الاثنين معاً يساوى صفراً عند تطبيق القانون.

٤- طريقة الحذف والإضافة:

وهي من الطرق التقريبية المستخدمة لإيجاد مساحة المناطق المستديرة الشكل أو كثيرة التعاريج وهى تشمل عموماً حالتين:

(أ) الحالة الأولى – طريقة الخطوط المتوازية:

وتتلخص فى تقسيم قطعة الأرض المراد إيجاد مساحتها إلى شرائح متساوية العرض ثم يحول كل شريط أو شريحة إلى مستطيل يكافئه فى المساحة ويشترك معه فى العرض – أى أننا نحول الشريحة الغير منتظمة إلى مستطيل يكافئها فى المساحة بأن نحذف جزء من الشريحة وتضيف إليها جزء يساويه فى المساحة تقريباً.

فإذا كان عرض كل شريحة هو س وأطوال الشرائح هى $ع_1$، $ع_2$، $ع_ن$ فتكون المساحة م = س ($ع_1$ + $ع_2$ + $ع_3$ = ... $ع_ن$) .

(ب) الحالة الثانية – طريقة المضلع المكافئ:

وتتلخص فى تحويل القطعة المراد إيجاد مساحتها والتى تكون غالباً كثيرة التعاريج إلى مضلع يكافئها أى يساويها فى المساحة ويكون ذلك بتحديد خطوط مستقيمة حول الشكل المتعرج والمراد إيجاد مساحتها بحيث تتساوى الأجزاء المطروحة فيها ثم تحسب مساحة المضلع المكافئ بإحدى الطرق المعروفة سابقاً أو بتحويل هذا المضلع المكافئ إلى مثلثات وأشكال رباعية.

٥- طريقة المربعات:

وفيها رسم شبكة من المربعات على ورقة شفافة وتوضع فوق الخريطة وتعد المربعات الكاملة الصحيحة التى يحويها الشكل وتقدر كسور المربعات الصحيحة وتكون المساحة المطلوبة الطبيعية مساوية عدد المربعات X مساحة المربع فى الرسم × (مقياس الرسم)^2.

أمثلـــــة

مثال ١:

قطعة أرض على هيئة مثلث أضلاعه هى:

أَ = ٦٦٣٫٧٥ م بَ = ٦٣٢٫٢٠ م جَ = ٦٥٤٫٠٥ م

أوجد مساحة هذه القطعة بالهكتار.

الحل:

أَ = ٦٦٣٫٧٥	ح-أَ = ٣١١٫٢٥
بَ = ٦٣٢٫٢٠	ح-بَ = ٣٤٢٫٨٠
جَ = ٦٥٤٫٠٥	ح-جَ = ٣٢٠٫٩٥
٢ ح = ١٩٥٠	ح = ٩٧٥

المساحة $= \sqrt{(ح - أَ)\ (ح - بَ)\ (ح - جَ)}$

$= \sqrt{٩٧٥ \times ٣١١,٢٥ \times ٣٤٢,٨٠ \times ٣٢٠,٩٥}$

= ١٨٢٧٢٤ متر مربع = ١٨,٢٧٢٤ هكتار

مثال ٢:

أوجد المساحة المحصورة داخل المضلع المقفل الذى إحداثيات رؤوسه هى :-

نقطة ١	س = ٨,٣٥	ص = ٥٥,٤٣
نقطة ٢	س = ٤٦٫٦٨	ص = ٩٣٫٧٨
نقطة ٣	س = ٧٩٫٤٠	ص = ٦٦٫١٠

نقطة ٤ س = ١٢ر٦٣ = ١٤ر٢٢

نقطة ٥ س = ١٥ر٢٣ ص = ١٦ر١٩

الحل:

ضعف المساحة = س$_{١}$ (ص$_{٢}$ − ص$_{٥}$) + س$_{٢}$ (ص$_{٣}$ − ص$_{١}$)

+ س$_{٣}$ (ص$_{٤}$ − ص$_{٢}$) + س$_{٤}$ (ص$_{٥}$ − ص$_{٣}$) + س$_{٥}$ (ص$_{١}$ − ص$_{٤}$)

= ٨,٣٥ (٩٣,٧٨ − ١٩,١٦) + ٤٦,٦٨ (٦٦,١٠ − ٥٥,٤٣)

+ ٧٩,٤٠ (١٤,٢٢ − ٩٣,٨٧) + ٦٣,١٢ (١٩,١٦ − ٦٦,١٠)

+ ٢٣,١٥ (٥٥,٤٣ − ١٤,٢٢)

= ٨,٣٥ x ٧٤,٦٢ + ٤٦,٦٨ x ١٠,٦٧

+ ٧٩,٤٠ (− ٧٩,٥٦) + ٦٣,١٢ (−٤٦,٩٤)

+ ٢٣,١٥ x ٤١,٢١

= ٧٢٠٤,٧ م^{٢}

المساحة = $\frac{٧٢٠٤,٧}{٢}$ = ٣٦٠٢,٣٥ م^{٢}

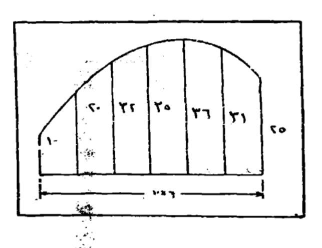
مثال ٢:

أوجد مساحة القطعة المبينة فى شكل (٨٦) بطريقة :

(أ) متوسط الارتفاعات.

(ب) أشباه المنحرفات.

(جـ) طريقة سمسون ، وأى الطرق فى رأيك أدقها ؟



شكل رقم (٨٦)

الحل:

١- طريقة متوسط الارتفاعات :

$$\text{المساحة} = \text{ن س} \; \frac{(ع_1 + ع_2 + ع_3 + ع_4 + ع_5 + ع_6 + ع_7)}{\text{ن} + 1}$$

$$= \text{٦} \times \text{١٠} \left(\frac{\text{١٠ + ٢٠ + ٣٢ + ٣٥ + ٣٦ + ٣١ + ٢٥}}{\text{٧}} \right)$$

$$= \text{٦} \times \text{١٠} \left(\frac{\text{١٨٩}}{\text{٧}} \right) = \text{١٦٢٠ متر مربع}$$

ب - طريقة أشباه المنحرفات :

$$\text{المساحة} = \frac{\text{س}}{2} \left\{ (ع_1 + ع_7) + 2 (ع_2 + ع_3 + ع_4 + ع_5 + ع_6) \right\}$$

$$= \frac{\text{١٠}}{\text{٢}} \left\{ \text{٢٥ + ١٠ + ٢ (٣١ + ٢٦ + ٣٥ + ٣٢ + ٢٠)} \right\}$$

$$= \text{٥} \left\{ \text{٣٥ + ٢ (١٥٤)} \right\}$$

= ٥ (٣٥ + ٣٠٨)

= ١٧١٥ متر مربع

جـ - طريقة سمسون :

عدد الأقسام زوجية وعليه فإن :

المساحة = $\frac{س}{٣}$ (العمود الأول + العمود الأخير + ضعف الأعمدة الفردية + أربعة أمثال الأعمدة الزوجية).

= $\frac{١٠}{٣}$ { ٢٥ + ١٠ + ٢ (٣٦ + ٣٢) + ٤ (٣١ + ٣٥ + ٢٠) }

= $\frac{١٠}{٣}$ { ٢٥ + ١٣٦ + ٣٤٤) = ١٧١٦,٦ متر مربع

وتعتبر طريقة سمسون هى أدق نظراً لأن حدود القطعة منحنية

مثال ٤:

أ ب جـ منطقة مثلثية رؤسها موجودة فى الخرائط الآتية:

نقطة أ تبعد ٤ سم ، ٦ سم عن الحد الشرقى والشمالى للخريطة الزراعية $\frac{٨٤}{٧٦}$

نقطة ب تقع فى مركز الخريطة ١ : ٢٥٠٠٠ رقم $\frac{١٧}{٨٧}$

نقطة جـ تبعد ٤ر٧ سم ، ٢ر٦ سم عن الحد الغربى والجنوبى للخريطة ١: ٠٠٠ر١٠٠ رقم $\frac{٨}{١٠}$

والمطلوب هو حساب مساحة هذه القطعة إلى أقرب رقم عشرى واحد من الفدان.

الحل:

إحداثيات نقطة أ: س = ٧٦ + ٥ر١ - ١ر٠ = ٤ر٧٧ كم

ص = ٨٤ + ١ - ١٥, . = ٨٤,٨٥ كم.

إحداثيات نقطة ب : س = ٨٧ + ٧,٥ = ٩٤,٥٠ كم

ص = ١٧٠ + ٥ = ١٧٥ كم.

إحداثيات نقطة جـ : س = ١٠٠ + ٧,٤ = ١٠٧,٤ كم

ص = ٨٠ + ٦,٢ = ٨٦,٢٠ كم.

ضعف المساحة = ($ص_{ب}$ - $ص_{ج}$) + س ب ($ص_{ج}$ - $ص_{أ}$) + $س_{ج}$($ص_{أ}$ - $ص_{ب}$)

ضعف المساحة = ٧٧,١ (١٧٥ - ٨٦,٢٠) + ٩٤,٥ (٨٦,٢ - ٨٤,٨٥)
+ ١٠٧,٤ (٨٤,٨٥ - ١٧٥)

= ٧,٤ x ٨٨,٨ + ٩٤,٥ x ٣٥, - ١٠٧,٤ x ٩٠,١٥ =
٢٦٨١,٤١٥

المساحة المطلوبة = ١٣٤٠,٧٠٧٥ كم مربع = ٢١٩٢١٦,١ فدان

مثال ٥:

أوجد مساحة المضلع المقفل أ ب جـ د الذى مركبات أضلاعه هى:

الضلع	المركبة الأفقية	المركبة الرأسية
أ ب	٢٠ غرباً	٣٠ شمالاً
ب جـ	٤٠ شرقاً	١٥ شمالاً
جـ د	٣٠ شرقاً	٢٥ جنوباً
د أ	٥٠ غرباً	٢٠ جنوباً

الحل:

الضلع	المركبة الأفقية	المركبة الرأسية	ضعف العمود	المسقط × ضعف العمود
أ ب	- ٢٠	+ ٣٠	+ ٣٠ = ٣٠	+ ٣٠ × - ٢٠ = - ٦٠٠
ب جـ	+ ٤٠	+ ١٥	٢ × ٣٠ + ١٥ = ٧٥	+ ٧٥ × ٤٠ = + ٣٠٠٠
جـ د	+ ٣٠	٢٥	٢ (٣٠ + ١٥) - ٢٥ = ٦٥	٦٥ × ٣٠ = - ١٩٥٠
د أ	- ٥٠	- ٢٠	٢ (٣٠ + ١٥ - ٢٥) - ٢٠ = + ٢٠	٢٠ × - ٥٠ = - ١٠٠٠
			- ٢٠ = + ٢٠	مج = ٣٣٥٠

المساحة المطلوبة = $\frac{١}{٢}$ x ٣٣٥٠ = ١٦٧٥ م٢

حل آخر وللتحقيق:

الضلع	مركبة أفقية	مركبة رأسية	ضعف العمود	المسقط × ضعف العمود
أ ب	- ٢٠	- ٣٠	- ٢٠ = - ٢٠	- ٢٠ × ٣٠ = - ٦٠٠
ب جـ	+ ٤٠	+ ١٥	- ٢ × ٢٠ + ٤٠	صفر × ١٥ = صفر
جـ د	+ ٣٠	- ٢٥	٢ (- ٢٠ + ٤٠) + ٣٠ = ٧٠	٧٠ × - ٢٥ = - ١٧٥٠
د أ	- ٥٠	- ٢٠	٢ (- ٢٠ + ٤٠ + ٣٠) - ٥٠ = ٥٠	٥٤ × - ٢٠ = ١٥٠٠
				مج = - ٣٣٥٠

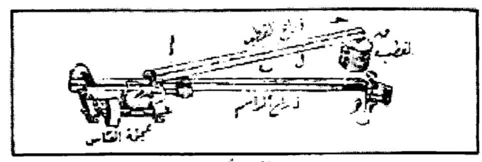
المساحة المطلوبة = $\frac{١}{٢}$ x ٣٣٥٠ = ١٦٧٥ م٢

إيجاد المساحات بالطرق الميكانيكية:

وهى طرق تعتمد على استخدام أجهزة معينة فى حساب المساحات المختلفة مثل أجهزة البلانيمتر ومسطرة التفدين وأهمها البلانيمتر القطبى.

البلانيمتر القطبي:

ويعتبر البلانيمتر القطبي أفضل الطرق في إيجاد المساحات غير المنتظمة داخل أي شكل مقفل وذلك بواسطة إمرار سن مدبب بالجهاز على محيط هذا الشكل ، ويتركب البلانيمتر من ذراعين متصلان بمفصل كروي شكل (٨٧)

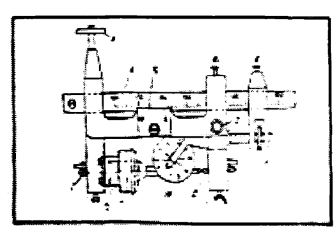


شكل رقم (٨٧)

والذراع أ جـ يسمى الذراع الثابت أو ذراع القطب وطوله ل

والذراع أ ب يسمى الذراع الراسم أو ذراع القياس وطوله ع.

وينتهي ذراع القطب بثقل ق به إبرة تثبت على الخريطة أثناء الاستعمال وينتهي ذراع القياس أو ذراع الراسم بسن مدببة هـ وعلى مسافة ع من المفصلة ومن الجهة الأخرى وعلى مسافة (و) توجد عجلة القياس وهي عجلة مثبتة على محور أفقي يوازي ذراع الراسم ومتصل بقرص أفقي مقسم إلى ١٠ أقسام بحيث لو دارت عجلة القياس لفة كاملة يدور معها القرص قسماً واحداً شكل (٨٨)



شكل رقم (٨٨)

وتوجد أمام العجلة الرأسية ورنية تقرأ $\frac{1}{10}$ من أصغر أقسام العجلة الرأسية.

ويلاحظ أنه عندما يتحرك سن الإبرة على الورقة فإن العجلة تدور رأسياً ويتحرك تبعاً لها القرص الأفقى.

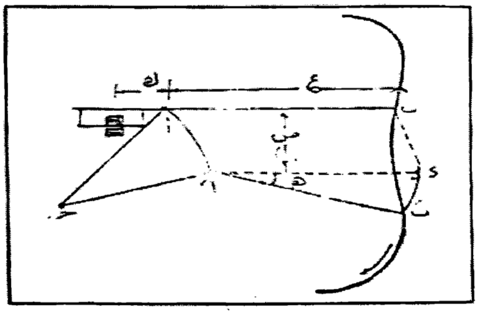
ويمكن حساب المساحة المحصورة داخل أى شكل مقفل بالمرور على حدود الشكل الخارجية وذلك بتحريك طرف الذراع الراسم على حدود الشكل مع تثبيت الثقل ق عند النقطة جـ مكانه على اللوحة.

نظرية الجهاز:

لو فرضنا أن الراسم تحرك مسافة صغيرة أى أن المفصلة أ تحركت من أ إلي أ َ كما في شكل (٨٩) فيمكن تحليل هذه الحركة إلى:

١- حركة الذراع أ ب موازياً لنفسه حتى يأخذ الوضع أ هـ مسافة مقدارها ص

٢- حركة دوران الذراع من الوضع أ د إلى أ ب َ بزاوية مقدارها هـ وعلى ذلك فتكون المساحة المقطوعة :



شكل رقم (٨٩)

= مساحة متوازى الأضلاع أ ب د أ َ + مساحة المثلث أ َ د ب َ

= ع ص + $\frac{١}{٢}$ ع٢ هـ	(أ)

وبالنسبة إلى عجلة القياس فنجد أنها فى أثناء الحركة الأولى دارت حول محورها وقطعت مسافة من ص وأثناء دوران ذراع الراسم حول أ نجد أنها دارت فى اتجاه عكسي قاطعة مسافة على محيطها طرلها = - و هـ

وعلى ذلك فإن الجزء الذى دار من العجلة هو (ص - و هـ) = د.

أى أن ص = د + و هـ	(ب)

وبالتعويض فى (أ) من (ب)

المساحة المقطوعة = ع د + ع و هـ + $\frac{١}{٢}$ ع٢ هـ

= ع د + هـ (ع و + $\frac{١}{٢}$ ع٢)

فإذا تحرك الراسم علي حدود الشكل كله فتكون المساحة الكلية هى عملية تكامل المساحة الجزئية المقطوعة - ولكننا نلاحظ أنه تحريك الراسم حول الشكل كله ابتداء من نقطة ما والتقل خارج الشكل فى اتجاه عقرب الساعة مثلاً على حدود الشكل على أن نعود لنفس النقطة فنجد إن إشارة الزاوية هـ التى رآها ذراع الراسم بالزائد عند التحرك من أعلى إلى أسفل وبالناقص عند التحرك من أسفل إلى أعلى ، وبذا يكون مجموع الزاوية هـ = صفر.

وتكون مساحة الشكل = ع د.

أى طـول ذراع الـراسـم x طول المسـاحة التى دارها محيط العجلة فإذا كـان نصف قطر العـجلة نق يكون مـحـيـطهـا = ٢ ط نق وإذا دارت العـجلة عـدد من الدورات فتكون المسافة المقطوعة د هى:

د = ٢ ط نق

والمساحة المطلوبة هى = ٢ ع ن ط نق = ن « ٢ ع ط نق » = ن ك حيث ك = ٢ ع ط نق.

وتحسب ن كفروق قراءتي تدريج العجلة الأولى من الأخيرة. وفى حالة ما إذا كان الثقل داخل الشكل المطلوب إيجاد مساحته فيجب إضافة ثابت هو قيمة مساحة الدائرة الأساسية القطبية.

جدول البلانيمتر القطبى

مقياس الرسم ١ : م	قواعد ذراع الراسم ع	العدد الثابت لوحدة الورنية		الثابت القطبي
		١ : ١	١ : م	
١ : ١٠٠٠	١٠٠.٦	١٠,٠٠ سم²	١٠ م²	٢٣٤٨٦
١ : ١٥٠٠	٨٩,٥٠	٨,٨٨٨ سم²	٢٠ م²	٢٣٩٧٠
١ : ٥٠٠	٨٩.٦٠	٨,٠٠٠ سم²	٢ م²	٢٤٦٤٣
١ : ٢٥٠٠	٦٤.٧٠	٦,٤٠٠ سم²	٤٠ م²	٢٦٨٨٧
١ : ٢٠٠٠	٥٠.٧٠	٥,٠٠ سم²	٢٠	٣٠٢٤٣
١ : ٣٠٠٠	٤٥,٢٠	٤,٤٤٤ سم²	٤٠	٣٣١٦٣
١ : ٥٠٠٠	٨٠,٨٠	١,٠٠ سم²	١٠٠	٣٥٦٧٧

قراءة العجلة وتحديد طول ذراع الراسم:

تنقسم العـجلة إلى مـائة قسم ويمكن بواسطة ورنيـة قـراءة $\frac{١}{١٠}$ من أقـسـام العـجلة أى $\frac{١}{١٠٠٠}$ من دورة كاملة للعجلة ، ويتحرك مع العجلة قرص عـمودى

على مستواها يبين اللفات الكاملة للعجلة وبذلك يبين القرص الآلاف والعجلة المئات والعشرات وتبين الورنية الأحاد.

وفى المعتاد يسلم مع كل بلانيمتر جدول توضيحى لأطوال ذراع التخطيط الواجب العمل بها فى حالة مقاييس الرسم المختلفة عندما يجب أن تكون أصغر قراءة على الورنية بالوحدة البلانتمترية ١٠ أو ٢٠ م٢ ويمكن تغيير طول الذراع حسب الجدول المرفق بكل جهاز بتحريك الإطار الذى يحل العجلة. والجدول المبين يبين نموذجاً من جدول البلانيمتر.

فإذا كان :

ع = طول ذراع الراسم ، ى = محيط العجلة

ن = عدد اللفات حيث تحتوى كل لفة على ١٠٠٠ وحدة بلانيمترية

م = مقياس الرسم.

وبذلك تكون المساحة

ح = ع . ى . ن لمقياس رسم ١ : ١ بالمتر المربع.

ح = ع . ى . ن (م٢) لمقياس الرسم ١ : م .

ويكون قيمة العدد الثابت على الخريطة مساوياً للمقدار = ٢ ع ط نق .

وقيمة العدد الثابت فى الطبيعة = ٢ ع ط نق (م)٢.

طريقة استعمال البلانيمتر لإيجاد مساحات الأشكال المقفلة :

١- نختار أى نقطة على محيط الشكل المراد إيجاد مساحته بحيث يقطع ذراع الراسم الشكل فى منتصفه تقريباً ويختار موضع القطب في امتداد مستوي العجلة أى أن يكون الذراعان عموديين تقريباً على بعضهما - وعموماً يجب ألا تزيد الزاوية بين الذراعين عن ١٥٠° ولا تقل عن ٣٠°.

٢- يجرب البلانيمتر بإمرار السن المدبب بسرعة على حدود الشكل للتأكد من

إمكان إمراره على المحيط بأكمله والتأكد أيضاً من وقوع العجلة دائماً على اللوحة.

٣- تعلم بعد ذلك نقطة البداية ثم يبدأ القياس بإمرار السن المدبب على محيط الشكل في اتجاه عقرب الساعة وبسرعة منتظمة إلى أن نصل إلى نقطة البداية ثانية.

٤- ويكرر القياس ثلاث مرات على الأقل وفى كل مرة يستحسن أن يكون القياس تارة بحيث يكون الثقل فيها على يمين ذراع التخطيط ويسمي الجهاز فى هذه الحالة (متيامن) وتارة أخرى يكون الثقل على يسار ذراع التخطيط ويكون الجهاز في هذه الحالة (متياسر) وفى كل مرة تؤخذ قراءات العجلة قبل وبعد القياس.

وتسمى القراءة الأولى قراءة البداية والقراءة الأخيرة قراءة النهاية.

٥- نضرب عدد مرات الدوران أو وحدات الورنية حسب الحالة فى ثابت الجهاز أى العدد الثابت لوحدة الورنية أو للدورة الواحدة - لتحصل على المساحة المطلوبة .

فإذا كانت القراءة الأولى $ق_{١}$ والأخيرة هى $ق_{٢}$ والعدد الثابت المقابل لمقياس رسم الخريطة هو م فتكون المساحة مساوية :

$$المساحة = م (ق_{٢} - ق_{١})$$

= العدد الثابت المقابل لمقياس الرسم (القراءة الأخيرة - القراءة الأولى).

٦- يجب ألا تزيد فروق القراءات عموماً عن ١٪ من الوحدات البلانيمترية - ولإمكان حساب الدورات ن أو الوحدات البلانيمترية ق تلاحظ أن القرص الأفقي يبين الآلاف من الوحدات البلانيمترية بينا تبين العجلة المئات والعشرات منها وتبين الورنية الآحاد.

ففى شكل (٨٨) نجد أن مؤشر القرص يقع بين الرقمين ٦ ، ٧ فتكون الآلاف ٦٠٠٠ وحدة ورنية أو ٦ دورات .

فإذا كان صفر الورنية يبين رقم ٢ وشرطتين فمعنى ذلك أن:

المئات هى ٢٠٠ وحدة ورنية   والعشرات هى ٢٠ وحدة ورنية.

وإذا كان رابع قسم من الورنية ينطبق على أحد أقسام العجلة فالآحاد هو ٤ وحدات ورنية.

وتكون القراءة الكلية هى ٦٢٢٤ وحدة ورنية أو ٦٫٢٢٤ دورة مع ملاحظة عدد مرات دوران القرص الأفقى فإذا دار القرص الأفقى حول نفسه مرة واحدة فمعنى ذلك أن العجلة دارت ١٠ دورات فتكون القراءة الأخيرة هى ١٦٫٢٢٤ دورة أو ١٦٢٢٤ وحدة ورنية .

٧- أحياناً يستعمل الجهاز والثقل داخل الشكل - هذا إذا كانت المساحة المطلوبة كبيرة ومن المتعذر أن تدور إبرة الراسم على محيطها دفعة واحدة - وهذه الطريقة غير مستحبة على الإطلاق حيث يجب أن نضيف دائماً إلى وحدات الورنية العدد الثابت القطى الموجود بجدول البلانيمتر إذا كانت القراءة متزايدة ، أما إذا كانت القراءة متناقصة فيجب طرح فرق القراءتين من العدد الثابت.

٨ - إذا استعمل البلانيمتر في قياس مساحة شكل مرسوم بمقياس رسم غير موجود بالجدول فتوجد مساحة الشكل بفرض أنه مرسوم لأحد مقاييس الرسم المبينة بالجدول ثم تحسب المساحة الحقيقية بتطبيق القانون:

المساحة الحقيقية = المساحة الناتجة من البلانيمتر $\left(\frac{\text{مقياس الرسم المفروض}}{\text{مقياس الرسم الحقيقي}}\right)^{2}$

(٥٥)

مسائـــل

١- قطعة أرض علي هيئة مثلث مساحتها ٩ أفدنة فاذا كانت د منتصف الحد ب جـ فما هو طول الحد أ ب إذا كانت الزاوية أ د جـ = ٧٢° ، أ ب = ٨٥ متر.

٢- مضلع احداثيات رؤوسه هي :

النقطة	١	٢	٣	٤	٥	٦
س	صفر	٢١,٦١	١٢,٣٤	١٦,١٣	٢٨,٦٨	١١,٠٧
ص	صفر	٢٥,٣٢	٥٤,٣٢	٨٢,٨٤	٤٩,٦٢	١٠,٤٨

عين المساحة المحصورة داخل المضلع بثلاث طرق

٣- قطعة أرض مثلثية الشكل أطوال أضلاعها ٤٢,٦٨ ، ٦٥,٧٤ ، ٤٥,٧٤ عين مساحتها.

٤- أ ب جـ د هـ و قطعة أرض فيها مركبات الأضلاع كما يلى:

أ ب : ١٦ شرقا ، ٤٨ جنوبا ، ب جـ : ٧٧ غرباً ، ٨٨ جنوبا ، جـ د = ١١١ غرباً ، ١٦ شمالا ، د هـ : ٥٠ شرقاً ، صفر شمالا . ما مساحة قطعة الأرض بالأمتار المربعة . وإذا أريد اقتطاع المساحة أ هـ د فما نسبة هذه المساحة إلي المساحة الكلية للأرض.

٥- إذا كانت الاحداثيات التالية هي لرؤوس المضلع أ ب جـ د هـ و أ

النقط	أ	ب	جـ	د	هـ	و
الاحداثي الرأسي (م)	٤٠	٧٧	٦٥	٨٣	٣	١٤
الإحداثى الأفقي (م)	١٠	٤٥	٨٧	١٣٨	١٠٤	٣٦

أوجد المساحة المحددة بأضلاع الترافرس (الجواب ٥ر٦١٠٦ م٢)

٦- قطعة أرض لها ثلاثة حدود مستقيمة أ ب ، ب جـ ، جـ د أما الحد الرابع فهو متعرج ، أ ب = ٥٢٠ مترا ، ب جـ = ٦٦٠ مترا ، جـ د = ٤٧٦ مترا ، أ د ٨١٩ مترا ، أ جـ = ٨٦٢ مترا والاحداثيات العمودية علي أ د الي الخارج للحد المتعرج هي صفر ، ١٤ ، ٤ ، ١٩ ، صفر عند المسافات صفر ، ١٥٠ ، ٣٣٠ ، ٤٣٤ ، ٨١٦ مترا من النقطة أ ،

احسب مساحة هذه القطعة.

٧- قطعة أرض مستطيلة الشكل أ ب جـ د يمتلكها أخوان ، فيها الضلع أ د =٨٠ متراً ، أ ب = ٦٠ متراً - ويوجد عند حد القطعة أ د وعلى بعد ١٩ متراً من د حصان مربوط بحبل طوله ٣٨ مترا - ويمتلك الحصان أحد الأخوين - والقطعة مقسمة ١:٤ بين الأخوين - وصاحب الحصان له النصيب الأصغر - فهل يرعى الحصان في مساحة (حسب أقصى ما يسمح له الحبل المربوط به) تجاوز مساحة ما يملكه صاحبه أم لا وما هو مقدار هذا التجاوز ؟

٨- أرض مربعة الشكل طول ضلعها ١٠٠ متراً - يراد إنشاء طريق فى اتجاه قطر المربع بحيث لا تزيد مساحة الطريق عن ١/٤ مساحة القطعة الكلية - عين عرض الطريق.

٩- قطعة أرض على هيئة شبه منحرف أ ب جـ د فيها أ ب // جـ د ، ب جـ عمودى على كل من جـ د ، أ ب والأطوال هى :

جـ د = ١٦٠٠ م ، ب جـ = ٤٠٠ م ، ب أ = ٨٠٠ م نقطة م تنصف جـ د والمطلوب اقتطاع ١٣ هكتار تحوى م د ، د أ - فعلى أى بعد من أ تقع نقطة التقسيم.

١٠- مضلع مركبات أضلاعه هي:

أ ب ٢٥٠ شمالاً ، ٣٥٠ شرقاً

ب جـ ٦٠٠ جنوباً ، ٥٥٠ شرقاً

جـ د ٢٥٠ جنوباً ، ٤٥٠ غرباً

د هـ غرباً تماماً ، هـ أ شمالاً تماماً

عين مساحة هذا المضلع لأقرب فدان إذا كانت المركبات بالأمتار وذلك بعد رسمه بمقياس مناسب .

وإذا أريد اقتطاع الجزء د هـ فما هي نسبة المساحة المستقطعة ؟

١١- أ ب جـ قطعة مثلثية قائمة الزاوية في ب ، أ ب = ٤ م ب جـ = ٣٠ م ويراد تقسيم القطعة إلى قسمين متساويين بحيث يوازي خط التقسيم د هـ الحد جـ أ وينتهي عند حد التقسيم د هـ أوجد كل الأبعاد اللازمة للتقسيم.

١٢- قطعة أرض على هيئة شكل رباعي أ ب جـ د فيه أ ب = ١٠٠ ، ب جـ = ٦٠ ، جـ د = ١٤٠ ، د أ = ١٢ والزاوية أ = الزاوية جـ عين مساحتها إلى أقرب متر مربع .

الباب الثامن
الميزانية
Levelling

الميزانية هى العملية المساحية التى تبحث فى الطرق اللازمة لإيجاد البعد الرأسى بين النقط المختلفة على الأرض ، ومقارنة ارتفاعات هذه النقط وانخفاضاتها عن مستوى ثابت يسمى (مستوى المقارنة Datum).

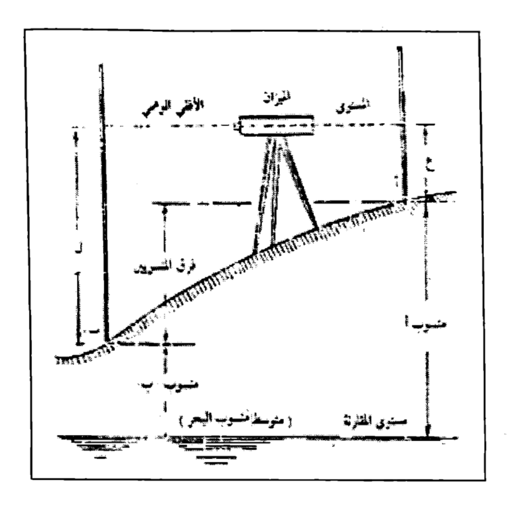
وتعتبر الميزانية من أهم الموضوعات المساحية على الاطلاق بالنسبة للمهندسين والعاملين فى المجال الهندسى ، بل وتعتبر أساساً لكل المشروعات الهندسية ولا غنى عنها مطلقاً. ونحتاج إلى الميزانية فى أغراض شتى أخرى مثل إنشاء الترع والمصارف وإنشاء الجسور والطرق وتسوية الأراضى وإنشاء الكبارى والمبانى وغيرها الكثير.

مستوى المقارنة :Datum

تتخذ كل دولة من دول العالم مستوى مقارنة خاص بها تنسب إليه ارتفاعات وانخفاضات النقط الموجودة بأراضيها ، وفى جمهورية مصر العربية يعتبر متوسط منسوب سطح الماء فى البحر الأبيض المتوسط داخل ميناء الإسكندرية هو مستوى المقارنة ويطلق عليه (متوسط منسوب سطح البحر) أو (Mean Sea Level).

منسوب النقطة :Reduced Level

يعرف البعد الرأسى بين أى نقطة على سطح الأرض وبين مستوى المقارنة بمنسوب هذه النقطة – وهو موجب إذا كنت النقطة فوق مستوى المقارنة وسالباً إذا كانت تحت مستوى المقارنة. والنقط ذات منسوب صفر هى النقط الواقعة على امتدادمستوى سطح البحر شكل (٩٠).



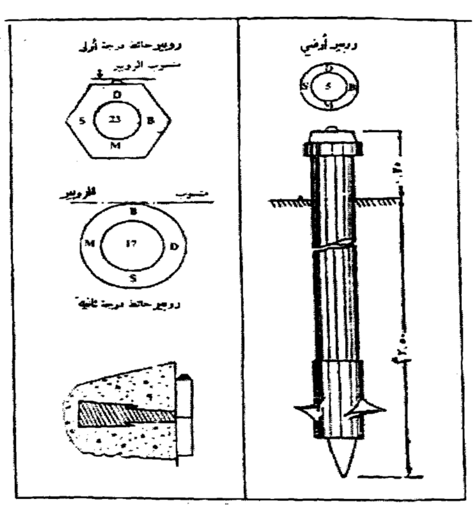
شكل رقم (٩٠)

نظرية الميزانية:

لقياس الفرق بين ارتفاعي نقطتين مثل أ ، ب وإيجاد الفرق بين منسوبيهما شكل (٩٠) نعين مستوى أفقى وهمى بجهاز يسمى الميزان ثم نقيس البعد الرأسى بين كل من أ ، ب وهذا المستوى الأفقي الوهمي بواسطة مقياس مدرج يسمى القامة ونفرض أنهما (ع ، ل) . الفرق بين هذين البعدين يساوى الفرق بين منسوى أ ، ب .

علامات المناسيب (الروبير) : Bench Marks

لإيجاد منسوب أى نقطة يجب أن نبدأ من مستوي المقارنة وهو سطح البحر وغالباً ما يتعذر ذلك ، وتسهيلاً لذلك فقد ثبتت نقط في الطبيعة وعينت



شكل رقم (٩١)

مناسيبها ووضعت عند كل نقطة علامة تميزها بواسطة مصلحة المساحة ، ومثل هذه النقط الثابتة تسمى بعلامات الميزانية أو بالروبير وجميع الروبيرات موضوعة على الترع والمصارف والجسور ، وفي المدن تثبت في حوائط لمبان يكون قد مضي على إنشائها فترة طويلة حتى نتأكد من تمام هبوطها في التربة تحت تأثير أوزانها ، والروبيرات نوعان:

روبير الحائط:

ويختلف شكله حسب دقة الميزانية عند تعيين منسوبه فيكون على شكل أسطوانة حديد مثبتة فى حوائط المباني لروبيرات الدرجة الثانية (وفيها يكون المنسوب بدقة السنتيمترات) - وعلى رأس مسدسة فى أعلاها نصف كرة صغيرة لروبيرات الدرجة الأولى التى يعطى المنسوب فيها بدقة المليمتر شكل (٩١) ويثبت الروبير بالخرسانة فى الحائط كما فى شكل (٩١).

روبير الأراضى:

هو عبارة عن مواسير من الحديد قطرها ٦ سم وطولها ٢٫٧٥ متراً ومثبتة فى الأرض بواسطة بريمة. وأعلا نقطة هى المعلومة المنسوب والجزء البارز منها فوق سطح الأرض طوله ٢٥ سم شكل (٩١) وجميع هذه الروبيرات ومناسيبها معطاة فى كتيبات خاصة تصدرها مصلحة المساحة والجدول الآتى يبين إحدى صفحات كتيب مناسيب مدينة الإسكندرية.

رقم الروبير	الموقع والوصف	المنسوب بالمتر
٢٣٣	يقع بطريق الحرية روبير مثبت في الزاوية الشمالية الشرقية لبناء شركة مياه الاسكندرية جنوب طريق الحرية بمسافة ٨٠ متراً تقريباً .	(١٣,٦٦٨)
٢٣٤	يقع بشارع مارك أوربل روبير مثبت في الزاوية الجنوبية الغربية لمنزل رقم ٣١ الواقع بطريق الحرية عند تقابله بشارع مارك أوربل أمام المستشفى اليوناني .	(١٣,٨٢٩)
١٣٥	يقع بطريق الحرية روبير مثبت في الزاوية الجنوبية الشرقية لبناء نقطة بوليس الإبراهيمية الواقعة بطريق الحرية عند تقابله بشارع الأمير محمد علي إبراهيم .	(٤,٣٦٥)

الأجهزة والأدوات المستخدمة فى الميزانية:أولاً : القامات:

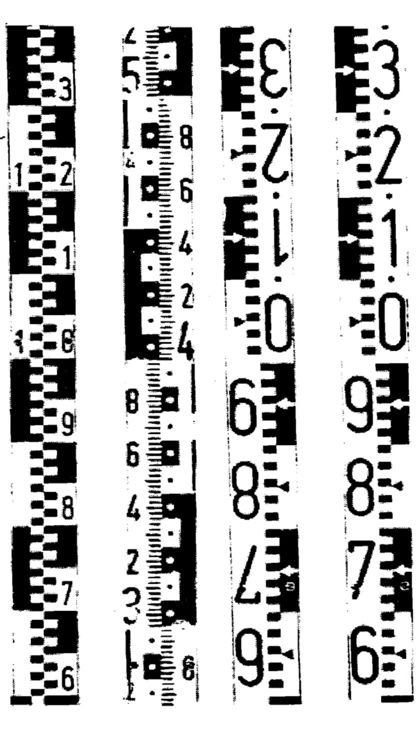
القامة هى عبارة عن مقياس بطول ٣-٤ متر مصنوعة من خشب عليه طبقة سميكة من الطلاء لحفظه من العوامل الجوية ، وهى مدرجة إلى أمتار وديسيمترات وسنتيمترات ، وتطلى أقسام التدريج بلونين مختلفين للتمييز بينهما وتوجد شرطة أو علامة عند كل ديسميتر حيث يكتب الديسيمتر ١ ، ٢ ، ٣ وهكذا ، وأحياناً يثبت فى ظهر أو جانب القامة ميزان تسوية دائرى صغير حتى يمكن جعل القامة رأسية تماماً أثناء العمل.

ولتوضيح الأمتار توجد طرق مختلفة فمثلاً يوضع أحياناً نقط أعلى الرقم الدال على الديسيمتر ويكون عدد النقط مساوياً عدد الأمتار المقاسة.

وهناك أنواع كثيرة من القامات منها القامات العادية والقامات المتداخلة والتى يطلق عليها القامات التلسكوبية والقامات التي تطوى وفى شكل (٩٢) مبين نماذج مختلفة من القامات المستخدمة فى الميزانية العادية.

طريقة قراءة القامة :

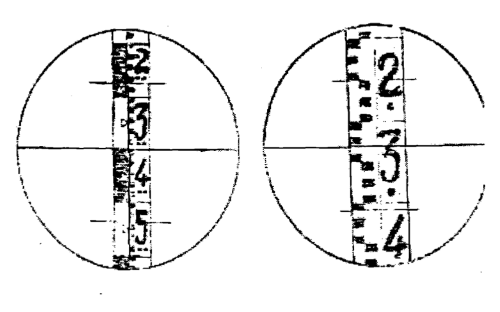
وفى بعض الأجهزة تظهر صورة القامة مقلوبة داخل المنظار ، والقامة توضع دائماً على النقط بحيث يكون صفر التدريج على النقطة المطلوب قياس منسوبها بمعني أن القراءة تتزايد من أسفل إلى أعلى ، وفى المنظار يظهر العكس فتتزايد القراءة من أعلى إلى أسفل لذا يجب مراعاة ذلك عند تقدير القراءة على القامة بالجهاز خاصة وإذا كانت المسافة بين الجهاز والقامة صغيرة ، حينئذ يظهر جزء صغير من القامة فى المنظار شكل (٩٣) فتحدد القراءة بمعرفة اتجاه التزايد أولاً ثم بتحديد عدد النقط الدالة على الأمتار ثم بتحديد قراءة الشعرة الوسطى من ديسيمترات وسنتيمترات.



شكل رقم (٩٢)

فنجد مثلاً فى شكل (٩٣) أن قراءة القامة هى ١٫٣٣ متراً ، ٢٫٠٤ متراً على التوالى.

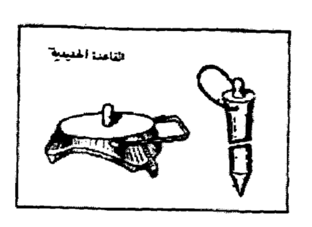
ويجب مراعاة أنه فى بعض الأجهزة الحديثة تظهر الصورة فى المنظار معتدلة مباشرة وفى هذه الحالة تكون القراءة على القامة متزايدة من أسفل إلى أعلى .



شكل رقم (٩٢)

القاعدة الحديدية:

أحياناً ما تجري عمليات الميزانية فى أراضى طينية لينة فنجد أن القامة تغوص فى الأرض وتختلف لذلك القراءات المأخوذة على القامة عن القراءات الحقيقية الواجب قراءتها.. ولهذا السبب تستعمل قاعدة حديدية مستديرة الشكل وبكل رأس من رؤوسها قائم مدبب عمودى على مستوى القاعدة شكل (٩٤) وبوضع هذه القاعدة تحت القامة لا تغوص فى الأرض الرخوة ، وبذا نحصل على القراءات الحقيقية المطلوبة.



شكل رقم (٩٤)

ثانياً - الموازين:

الموازين هي الأجهزة التي يمكن بواسطتها الحصول على مستوى أفقي وهمي وذلك بأن نحصل على خط نظر أفقي مهما دار الجهاز حول محوره الرأسي ، ويقطع هذا المستوى الوهمي القامات في القراءات المطلوبة ومنها نستنتج مناسيب وفروق الأبعاد الرأسية للنقط المختلفة الموضوعة عليها القامات.

ويتكون أي ميزان مهما كان نوعه من ثلاثة أجزاء رئيسية:

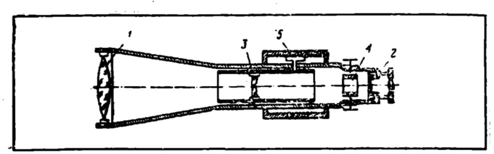
(أ) منظار مساحي. (ب) ميزان التسوية

(جـ) القاعدة السفلى.

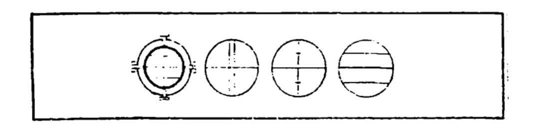
المنظار المساحي:

يتركب المنظار من أسطوانة معدنية مثبت في أحد طرفيها العدسة الشيئية (١) شكل (٩٥) ومثبت في الطرف الآخر العينية (٢) . والغرض من العدسة الشيئية الحصول على صورة مقلوبة مصغرة ، وأما العينية فتكبر هذه الصورة ، وداخل اسطوانة المنظار توجد عدسة إضافية (٣) وظيفتها تطبق مستوى الصورة على مستوى حامل الشعرات بواسطة المسمار (٥) . وأمام العدسة العينية داخل المنظار يوجد حامل للشعرات (٤) وهو عبارة عن حلقة مركب بها شعرات متعامدة أو لوح زجاج محفور عليه خطوط متعامدة والغرض منه تحديد محور المنظار لتقع

عليه صورة المرئيات وهو مثبت فى اسطوانة المنظار بواسطة أربعة مسامير شكل (٩٦) ، وهو على أشكال مختلفة وأبسط أنواعه عبارة عن شعرتين أحداهما أفقية وتسمى الشعرة الأفقية الوسطى والأخرى متعامدة عليها وتسمى الشعرة الرأسية، وتوجد أحياناً شعرتين أفقيتين قصيرتين أعلى وأسفل الشعرة الوسطي تسميان بشعرات الأستاديا ويستعملان في القياس الغير مبشار للمسافات (القياس التاكيومترى).



شكل ٨٨



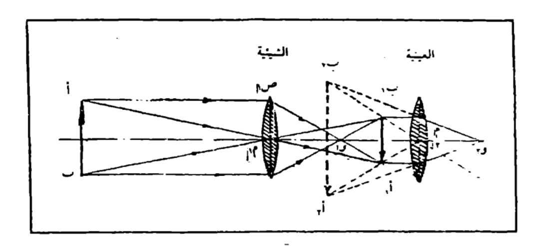
شكل رقم (٩٦)

كيفية تكوين الصورة داخل المنظار:

إذا فرض أن أ ب شاخص أو قامة موضوع أمام العدسة الشيئية للمنظار وعلى بعد أكبر من بعدها البؤرى فتتكون فى الجهة الأخرى من الشيئية صورة مقلوبة مصغرة أ١ ب١ ولتكبيرها نستعين بالعينية لنحصل فى هذه الحالة على صورة ٢أ ب٢ وتكون تقديرية مكبرة شكل (٩٧) ويجب أن تقع على مستوى حامل الشعرات حتى لا يكون هناك ما يسمى بخطأ الوضع أو عدم التطبيق.

ميزان التسوية:

عبارة عن وعاء أسطواني سطحه العلوي يمثل سطح برميلي الشكل ، والوعاء مملوء بالأثير فيما عدا فقاعة صغيرة من بخار الأثير على السطح الزجاجي وتوجد علامات تبعد عن بعضها بمقدار ٢ مم لتحديد مدى ضبط الأفقية .



شكل رقم (٩٧)

والزاوية اللازمة لتحريك الفقيعة علامة واحدة تسمى حساسية ميزان التسوية وتعطى دائماً بالثوان . ويكون مستوى الميزان أفقياً تاماً عندما تكون الفقيعة فى المنتصف.

القاعدة السفلى:

وتسمى قاعدة الجهاز وهى عبارة عن القاعدة المثبت فيها المحور الرأسى للجهاز المستعمل والتى ترتكز على رأس الحامل بواسطة ثلاثة مسامير متحركة يمكن بواسطتها إمالة القاعدة لضبط المحور الرأسى بواسطة ميزان التسوية الذى قد يكون مثبتا فى القاعدة نفسها أو على الجهاز نفسه.

أنواع الموازين:

تستعمل فى الميزانية عدة أنواع تختلف بعض الاختلاف في تركيبها وطرق ضبطها هذا ويمكن تقسيم الموازين المستعملة في الميزانات العادية إلى :

١- **موازين طراز كوك القديم:** ذات منظار قابل للعكس . وهذا الطراز غير مستعمل نظراً لظهور موازين (حديثة).

٢- **موازين طراز دمبي (حديثة):** ذات منظار غير قابل للعكس ، وتكون إما ذات ميزان تسوية خارجي ، أو ذات ميزان تسوية داخلى (ميكرومتر).

هذا وسوف نتعرض للموازين الحديثة من طراز دمبي من النوعين : أى نوع ذات التسوية الخارجية والنوع الآخر ذات التسوية الداخلية.

ميزان طراز دمبي (الحديث):

وأول من اخترع هذا الطراز كان وليم جرافات سنة (١٨٤٨).

وفى هذا الميزان تتصل اسطوانة المنظار اتصالاً تاماً بالمحور الرأسى للجهاز ويكون محور المنظار عمودياً على المحور الرأسى لدوران الجهاز وهذا الاتصال من مزايا هذا النوع حيث لا تتأثر هذه الخاصية بكثرة الاستعمال ومن أهم خصائصه :

١- صغير الحجم والوزن وسهل الاستعمال والتشغيل.

٢- يتم تطبيق مستويات الصورة على حامل الشعرات بواسطة عدسة داخلية.

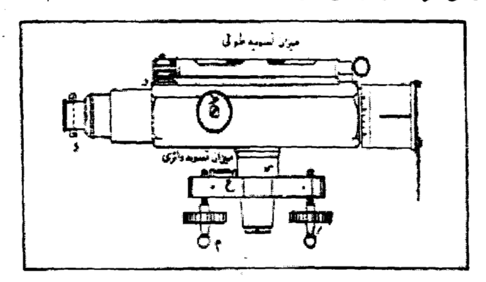
٣- وينقسم هذا الطراز من الموازين كما ذكرنا إلى نوعين:

أ - موازين ذات ميزان تسوية خارجية.

ب - موازين ذات ميزان تسوية داخلي.

الميزان ذو التسوية الخارجي:

يتكون من منظار مساحي فى أحد طرفيه العدسة العينية ، وفى الطرف الآخر العدسة الشيئية ، وأعلى المنظار يوجد ميزان التسوية الطولى وأحياناً ميزان تسوية ثانوى برميلى الشكل متصلاً بالقاعدة (ع) - ويوجد على جانب أسطوانة المنظار مسمار التطبيق (ط) شكل (٩٨) والقاعدة (ع) مثبت بها محور الجهاز الرأسى (ى) ، وترتكز على رأس الحامل بواسطة ثلاث مسامير للتسوية (م).



شكل رقم (٩٨)

وأحياناً توجد مرآة صغيرة مستوية مثبتة بواسطة مفصلة فوق ميزان التسوية الطولى الأساسى لعكس صورة الفقيعة حتي يسهل للراصد ضبط الأفقية دون أن يتحرك أو يغير موضعه ويزيد ذلك طبعاً من عمليات الجهاز ودقة الرصد. ومن أمثلته ميزان كيرن GKO-EC

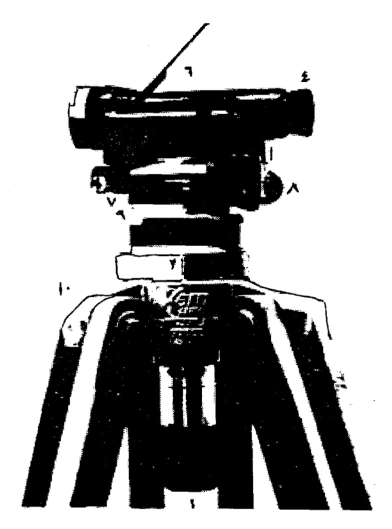
ويتميز ميزان كيرن GKO-EC بوجود دائرة أفقية مقسمة إما إلى ٣٦٠° أو ٤٠٠ء بحيث يمكن به قياس زاوية أفقيه بالإضافة إلى استخدامه الأصلى فى تعيين مناسيب النقطة. كما أن الصورة تظهر فيه معتدلة وبذا يستخدم معه قامة رأسية ذات تدريج قراءاته معدولة وتتزايد من أسفل إلى أعلى.

وفي شكل (٩٩) مبين أهم أجزاء ومسامير الجهاز حيث:

١- مقبض تثبيت الميزان على الحامل الخاص به (١٠).

٢- رأس الحامل والتي تسمح للجهاز بحركة رحوية بالتحكم فى المقبض (١).

٣-ميزان تسوية دائرى لضبط أفقية الجهاز تظهر صورته فى مرآة عاكسة أعلاه مباشرة. ويضبط مرة واحدة عند تثبيت الميزان للرصد ولا يمس بعد ذلك عند تسجيل القراءات المختلفة على المقامات.



شكل رقم (٩٩)

٤- عينية المنظار وسركب عليها حلقة تطبيق حامل الشعرات.

٥- مسمار تطبيق الصورة فى المنظار عل مستوي حامل الشعرات.

٦- مرآة عاكسة متحركة حول محور أفقى لرصد حركة الفقيعة فى ميزان التسوية الطولى الضابط لأفقية المحور البصرى للمنظار.

٧- مسمار الحركة البطيئة لدوران الميزان حول المحور الرأسى.

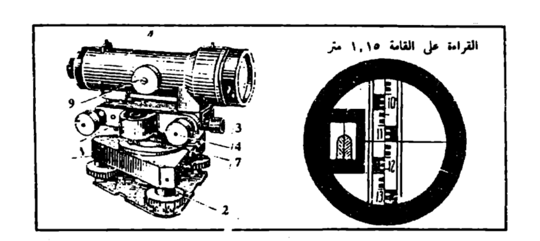
٨- مسمار ضبط أفقية ميزان التسوية الطولى الضابط لأفقية المحور البصرى (يستخدم عند تسجيل القراءات).

٩- الدائرة الأفقية لرصد الزوايا الأفقية بالميزان.

١٠ - حامل الجهاز ذو ثلاثة أرجل متداخلة للتحكم في ارتفاع أو انخفاض الجهاز.

الميزان ذو التسوية الداخلية :

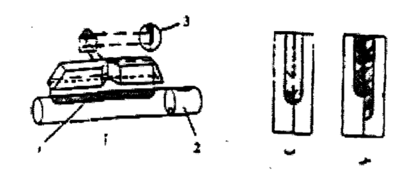
يتركب من نفس أجزاء النوع الأول ذو التسوية الخارجية غيرأنه يختلف عنه فى أنه أكثر دقة ويحوي التغيرات والميزات التالية: شكل (١٠٠) .



شكل رقم (١٠٠)

١- يوجد به دائماً ميزاني تسوية ، إحداهما دائرى (٦ - شكل ١٠٠) والآخر طولي داخلي.

٢- يرى الراصد صورة الفقيعة لميزان التسوية الطولى الداخلى داخل منظار صغير مركب بجواز العينية زو داخل المنظار الرئيسى (شكل ١٠٠) بدون أن يتحرك أو يغير من وضعه وتعكس صورة الفقيعة للعين بواسطة منشورات أو مرايا تختلف فى تركيبها ، وشكل ١٠١ يبين أبسط هذه التركيبات وتظهر الفقيعة لميزان التسوية الداخلى منقسمة إلى جزئين متشابهين ويتحرك كل جزء عكس الآخر (شكل ١٠١ - جـ) أثناء ضبط أفقية الجهاز ، وعند ضبط الأفقية يظهر الجزءان منطبقان على هيئة حرف U متكامل (شكل ١٠١٠ - ب).

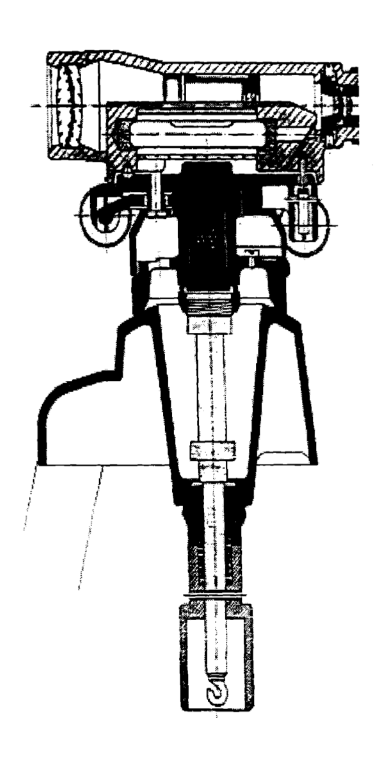


شكل رقم (١٠١)

٣- يوجد مسمار خاص مثبت أسفل العدسة العينية يطلق عليه الميكرومتر لضبط الأفقية بواسطة ميزان التسوية الداخلى ويستعمل هذا الميكرومتر لضبط الأفقية عند كل قراءة عقب التوجيه نحو القامة لأنه إذا استعملت مسامير التسوية فى الضبط يتغير بذلك منسوب المستوى الأفقى الوهمى.

٤- التطابق بين طرفي الفقيعة أدق كثيراً من جعل الفقيعة فى منتصف مجراها كما فى النوع الأول.

٥- يركب ميزان التسوية الرئيسى داخل إطار معدنى لحفظه من التأثيرات الخارجية وبذا لا تتأثر حساسية الفقيعة.



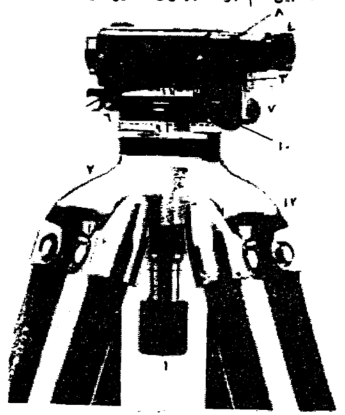
ومن أمثلته ميزان كيرن GK1 - C

ميزان كيرن GK1-C

وهو من الموازين الحديثة ذات التسوية الداخلية.

ويختلف ميزان كيرن GK1-C عن الميزان GKO-EC فى أن الراصد يرى صورة الفقيعة لميزان التسوية الطولى المركب على المنظار داخل منظار صغير مركب بجواز العينية بدون أن يتحرك أو يغير من وضعه وتعكس صورة الفقيعة للعين بواسطة منشورات خاصة. كما أن الصورة تظهر داخل منظاره مقلوبة لذا يستخدم معه قامة رأسية مدرجة مقلوبة فتظهر في مجال المنظار معتدلة والقراءات تتزايد من أعلى إلي أسفل داخل مجال المنظار.

وفى شكل (١٠٢) مبين أهم أجزاء الجهاز ومساميره حيث:



شكل رقم (١٠٢)

١- مقبض تثبيت الميزان على الحامل ذو الثلاث أرجل المتداخلة (١٢).

٢- رأس الحامل وبها الجزء نصف الكروي الذى يسمح بحركة رحوية للميزان عند فك المقبض (١).

٣- ميزان التسوية الدائرى لضبط أفقية الجهاز ويعمل مع فك يد المقبض (١).

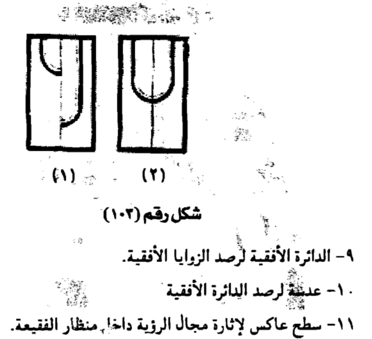
٤- حلقة تطبيق حامل الشعرات المركبة علي عينية منظار الجهاز.

٥- مسمار تطبيق الصورة داخل المنظار.

٦- مسمار الحركة للميزان حول المحور الرأسى.

٧- مسمار ضبط الفقيعة الداخلية لميزان التسوية الطولى.

٨- منظار رصد الفقيعة الداخلية وفيه ترى الفقيعة على شكل نصفي حرف U كما يظهر فى شكل (١٠٣ - ١) وذلك فى حالة عدم أفقية محور المنظار الطولى. وباستخدام المسمار (٧) يتم تطبيق النصفين على بعض كما يظهر فى شكل (١٠٣ - ٢) فنحصل على أفقية المحور الطولى للمنظار. علماً بأنه لا يمكن ضبط أفقية المحور إلا إذا كان ميزان التسوية الدائرى قد تم ضبطه أولاً.



شكل رقم (١٠٣)

٩- الدائرة الأفقية لرصد الزوايا الأفقية.

١٠- عدسة لرصد الدائرة الأفقية

١١- سطح عاكس لإثارة مجال الرؤية داخل منظار الفقيعة.

ومن أهم خواص ميزان كيرن GK1-C ما يأتي:

- قوة التكبير لمنظاره .... (٢٢٫٥ X)
- أقل بعد لهدف يمكن رصده .... ٠٫٩٠ متر
- القراءة التقريبية علي الدائرة الأفقيه .... ١ر٠° (١ر٠ g)
- وزن الجهاز .... ٠٫٩ كيلوجرام
- دقة تعيين المناسيب .... ± (٢٫٥ - ٤ مم)/١ كيلوجرام.

الموازين الدقيقة والأتوماتيكية:

١- الموازين الدقيقة:

وهى موازين روعى فى تصميمها وصناعتها استخدامها فى أعمال الميزانيات الدقيقة بجانب الميزانيات الهندسية العادية لذا فنجد أن هذه الموازين ذات استقرار وثبات أثناء الرصد كما يمكن تركيب ألواح توازى على شيئية الميزان وذلك لتقدير كسور السم والمم فى أعمال الميزانية الدقيقة.

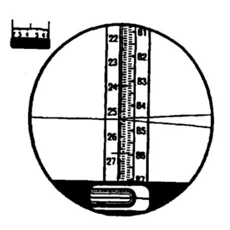
ومن أمثلته الموازين الدقيقة ميزان كيرن GK 23 وميزان كيرن GK 23-C المزود بدائرة أفقية.



شكل رقم (١٠٤)

وفى شكل (١٠٤) مبين ميزان كيرن GK 23 - C مركب على العدسة الشيئية له مجموعة لوح التوازي (١٢) المزود بميكرومتر للقراءة (١٣).

أما فى شكل (١٠٥) فلقد بين مجال الرؤية فى المنظار للميزان المزود بلوح التوازى عند رصد قامة دقيقة من الأنفار حيث كانت القراءة على القامة (المحصورة بالشعرتين ذات الزاوية الحادة) هى ٢٥٣ وحدة قياس والقراءة المأخذوة بالميكرومتر هي ٤٣٠ر٠ وحدة فتكون القراءة الكلية هى ٢٥٣ر٤٣٠ وحدة قياس على القامة حيث وحدة القياس - سم أى أن ارتفاع خط النظر عن صفر القامة يكون مساوياً ١٢٦ر٧١٥ سم.



شكل رقم (١٠٥)

أهم خواص ميزان كيرن GK 23

دقة تعيين فروق المناسيب عند استخدام قامة عادية ...... ± ٢ مم / ١ كيلومتر دقة تعيين فروق المناسيب عند استعمال لوح توازى وقامة

انفار .... ± ٥ر٠ مم / ١ كيلومتر

قوة التكبير لمنظار ميزان GK 23 .... (٣٠ ×)

قوة التكبير لمنظار ميزان GK 23-E .... (٣٢ ×)

أقل بعد لهدف يمكن رصده بميزان GK-23 .... ١ر٨ م

أقل بعد لهدف يمكن رصده Gk 23 - E .... ١ر٢ م

أطول خط نظر لقراءة ١ سم علي القامة بوضوح .... ٤٠٠ مم

أطول خط نظر لقراءة ١ مم بالتقريب علي القامة .... ٢٠٠ مم

قطر الدائرة الأفقية المزودة بها الميزان .... ٦٢ مم

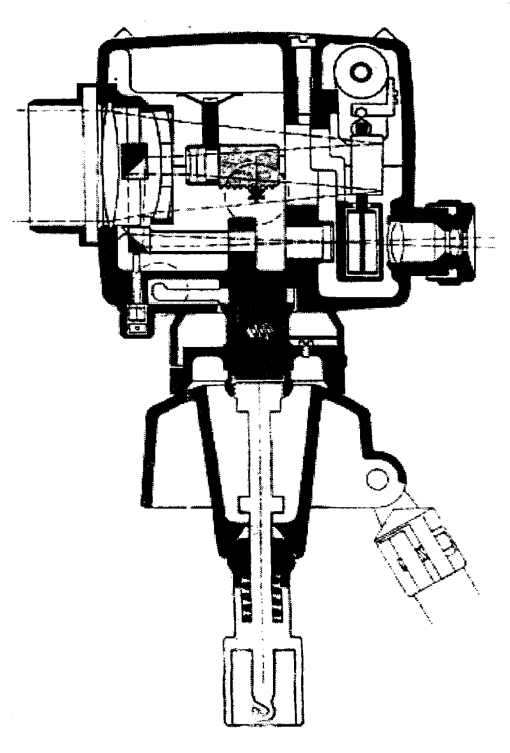
ب - الموازن الأتوماتيكية:

وهى موازين آلية الضبط أو ذات ضبط ذاتي وفى هذا النوع من الموازين استغنى عن ميزان التسوية الرئيسى واستعيض عنه بما يسمى (Compensator) وهو عبارة عن منشور زجاجي يوضع بين الشيئية وحامل الشعرات ومعلق داخل المنظار وهذا المنشور يمكنه تصحيح الفروقات الصغيرة فى ميل خط النظر بداخل المنظار حيث لا يمر منه إلى الخط الأفقى عند موضع الشعرة الوسطى رغم إمالة المناظر فى حدود ضيقة ، عند استعمال هذه الوازين يكتفى فقط بضبط ميزان التسوية الدائري باستعمال مسامير التسوية الثلاثة ثم يضبط الميزان نفسه بعد ذلك ذاتياً من تلقاء نفسه ومن أمثلته ميزان كيرن GKO-A, GK1 - A .

ميزان كيرن GK1 - A شكل (١٠٦) :

يتميز ميزان كيرن GK1 - A بأنه بمجرد ضبط ميزان التسوية الدائرى المزود به فإن المحور البصرى للمنظار يضبط تلقائياً أفقياً بفضل وجود (كمبنساتور) مغناطيسي مزود به يحل محل ميزان التسوية الطولى.

وهو ميزان دقيق ثابت أثناء الرصد لذا يستخدم فى جميع الأعمال الهندسية الدقيقة وفى تثبيت مناسيب الرويبرات الجديدة . كما يستخدم في أعمال المساحة التاكيومترية في الأراضى المنبسطة والتى لا تحتاج إلى أرصاد تاكيومترية بزوايا ارتفاع أو انخفاض وذلك لأنه مزود بشعرتى استاديا يمكن بواسطتهما - وباستخدام القامة الرأسية - تعيين المسافات الأفقية. وفى شكلى (١٠٧ ، ١٠٨) نبين أهم أجزاء الجهاز حيث :



شكل رقم (١٠٦)

١- عينية المنظار وعليها حلقة تطبيق حامل الشعرات.

٢- موجد خارجي للهدف (أداتى توجيه).

٣- العدسة الشيئية للمنظار.

٤- مسمار تطبيق الصورة فى المنظار على مستوى حامل الشعرات.

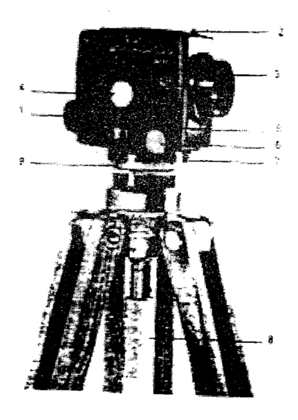
٥- ميزان التسوية الدائرى لضبط أفقية الميزان.

٦- مسمار حركة بطيئة للدوران حول المحور الرأسى.

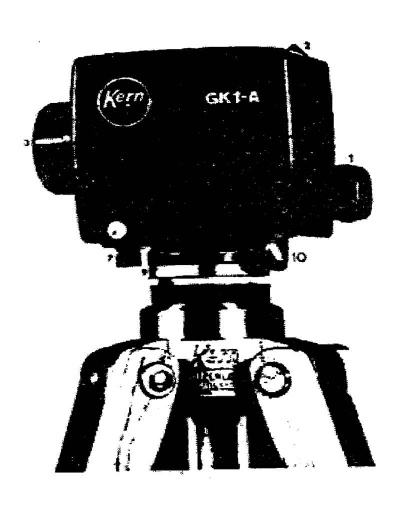
٧- غطاء واقى لمسمار الضبط الدائم للميزان.

٨- مقبض تثبيت الجهاز على رأس الحامل.

٩- الدائرة الأفقية لقياس الزوايا الأفقية.



شكل رقم (١٠٧)



شكل رقم (١٠٨)

أهم خواص الميزان GK 1 -A

دقة تعيين فروق المناسيب به	± ٥و٢ مم/١ كيلومتر
قوة التكبير لمنظاره	(٢٥ ×)
أقل بعد لهدف يمكن رصده	٢٫٣٠ متر
الثابت التاكيومترى للجهاز	١٠٠
الثابت الإضافى	صفر
قطر الدائرة الأفقية له	٦٠ مم

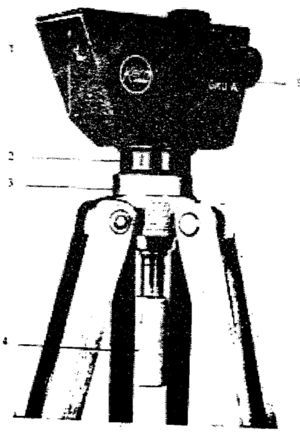
القراءة التقريبية للدائرة الأفقية .... ١ر٠° (١ر٠ g)

وزن الجهاز .... ١ر٦ كيلوجرام

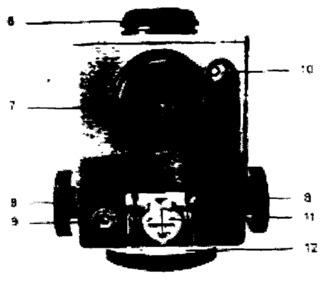
ميزان كيرن الأوتوماتيكي GKO - A :

وهو ميزان مزود بكمبنساتور يقوم بضبط أفقية المحور الطولي للميزان بمجرد ضبط أفقية ميزان التسوية الدائري له . كما يتميز بثقل وزنه النسبي الذي يهيئ استقرار للجهاز أثناء الرصد به . كما يتميز أيضاً بامكانية توزيع خط عمودي علي خط نظر الجهاز بسبب إضافة منظار في الاتجاه العمودي علي اتجاه المحور الطولي للمنظار .

وفي شكل (١٠٩) وشكل (١١٠) بينا أهم أجزاء الجهاز ومسامير الحركة له حيث :



شكل رقم (١٠٩)



شكل رقم (١١٠)

١- العدسة الشيئية للمنظار، وكما يلاحظ من الشكل فإن جسم الميزان المعدني ممتد أعلي الشيئية كواقي من أشعة الشمس المباشرة الساقطة عليها مما يسهل في عمليات الرصد عندما يكون المنظار مواجهاً لأشعة الشمس .

٢- قاعدة الميزان.

٣- رأس الحامل.

٤- مقبض تثبيت الميزان علي الحامل الخاص به.

٥- المنظار ذو الاتجاه العمودي علي خط نظر الميزان.

٦- مسمار تطبيق الصورة في المنظار علي مستوي حامل الشعرات.

٧- العينية ومركب عليها حلقة تطبيق حامل الشعرات.

٨- مسمار الحركة الأفقية البطيئة حول المحور الرأسي للدوران.

٩- مسمار براغي لضبط مسامير الحركة الأفقية.

١٠- صورة ميزان التسوية الدائري المنقولة بواسطة مناشير خاصة.

١١- عدسة القراءة للدائرة الأفقية للميزان.

١٢- حلقة تغيير الزوايا علي الدائرة الأفقية.

أهم خواص الجهاز:

- قوة التكبير لمنظاره .... (٢١x)
- أقل بعد لهدف يمكن رصده .... ٧٥,٠ متر
- الثابت التاكيومتري للجهاز ١٠٠
- الثابت الإضافي .... صفر
- دقة تعيين فرق المنسوب بالجهاز........................ ± ٥ مم / ١ كيلومتر
- القراءة التقريبية على الدائرة الأفقية .... ١ر٠° (١ر٠ج)
- وزن الجهاز .... ٩ر١ كيلوجرام

الضبط المؤقت للموازين:

وهو ما يجب إجراؤه كلما أعد الميزان للرصد.

ويشمل : أ - ضبط الأفقية . ب - التطبيق

أولاً: ضبط الأفقية:

١- أثناء وضع الجهاز في النقطة المفروض وضعه بها تحاول أن نضبط بالتقريب الأفقية بتحريك أرجل الحامل أو برفع أو خفض أحد أرجل الحامل مع ملاحظة فقيعة ميزان التسوية الدائرى.

٢- بواسطة مسامير التسوية الثلاثة نضبط بدقة ميزان التسوية الدائرى وأفضل طريقة هى أن نحرك مسمارين من مسامير التسوية في نفس الوقت إما للداخل أو للخارج معاً وذلك لتتحرك الفقيعة فى اتجاه الخط الواصل بينهما ، ثم نحرك المسمار الثالث بمفرده لتتحرك الفقيعة فى الاتجاه العمودى على الأول. (راجع ضبط أفقية اللوحة المستوية).

٣- عند العمل بجهاز من طراز دمبى ذو التسوية الخارجي وبعد الضبط لميزان التسوية الدائرى نضبط الميزان بدقة وذلك بأن ندير المنظار بحيث يكون موازياً

لاثنين من مسامير التسوية ، ونحرك هذين المسمارين معاً ببطء جداً إما للداخل أو الخارج إلى أن نرى الفقيعة المستطيلة فى المنتصف تماماً ، ثم ندير المنظار ٩٠° ونضبط الفقيعة مستعملين المسمار الثالث ، ونكرر العملية إلى أن نضبط الفقيعة فى كلا الوضعين للمنظار وبذا نحصل على خط نظر أفقي طالما أن محور المنظار عمودى على محور دوران الجهاز.

٤- لضبط خط النظر أفقياً وحفظه دائما أفقياً فى حالة إستخدام ميزان من طراز دمبى ذو تسوية داخلية يلزم التأكد من انطباق نصفى فقيعة ميزان التسوية داخل العينية ، ويتم الضبط بواسطة الميكرومتر إلى أن ينطبق النصفان ، ويجب ضبط ميزان التسوية الداخلى إن وجد عند كل قراءة للقامة فى الوضع الواحد للميزان مع مراعاة عدم استخدام مسامير التسوية إلا فى أول الضبط حتى لا يتغير منسوب المستوى الوهمى الأفقى.

ثانياً : التطبيق:

وهو تصحيح خطأ الوضع وهذا الخطأ ناجم عن عدم ثبات الصورة تبعاً لتحريك العين فى اتجاهات مختلفة ولاختبار هذا الخطأ تحرك العدسة العينية إلى الداخل أو إلى الخارج حتى توضح الشعرات ثم نحرك العين إلى أعلى أو إلى أسفل فإذا تحركت الشعرات تبعاً لحركة العين فذلك دليل على عدم صحة التطبيق أى عدم وقوع الصورة على حامل الشعرات ونحرك مسمار التطبيق حتى تري الصورة واضحة تماماً.

الضبط الدائم للميزان:

الضبط الدائم للميزان يجب إجراؤه عند الاستلام من المصنع لأول مرة ، أو إذا أسئ استعماله ، أو عند استعمال الميزان لفترة طويلة دون صيانة ولكى يكون الميزان مضبوطاً ضبطاً دائماً يجب أن تتوفر به شروط تعامد وتوازى بين المحاور المختلفة فيه.

ومحاور الجهاز الرئيسية هى ثلاث محاور:

١- **خط الانطباق**: وهذا الخط ناشئ من انطباق خط النظر فى الجهاز مع المحور البصرى ، ويعرف خط النظر بأنه الخط الوهمي الواصل بين مركزى العدسة الشيئية ونقطة تقاطع الشعرات ، أما المحور البصرى فهو الخط الوهمى الواصل بين مركزى العدستين الشيئية والعينية.

٢- **محور ميزان التسوية الطولى.**

٣- **المحور الرأسى لدوران الجهاز.**

الشروط الدائمة لضبط الميزان:

فى الموازين الحديثة فقط يجب أن يتوافر دائماً الشرطان الآتيان:

١- تعامد محور ميزان التسوية على المحور الرأسي للجهاز.

٢- تعامد خط النظر على المحور الرأسي لدوران الجهاز.

وفيما يلي سنبين كيفية التحقيق من هذه الشروط وكيفية إجراء الضبط.

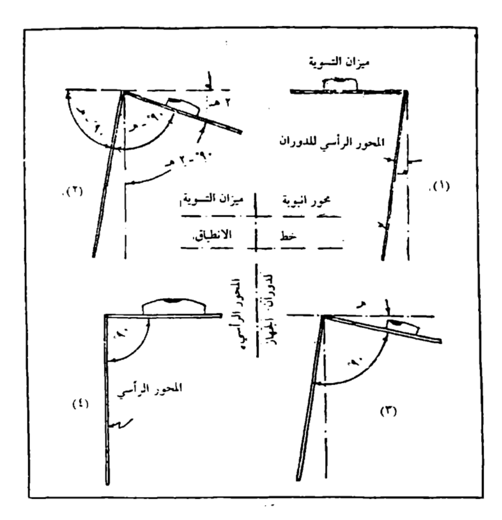
أ - الموازين ذات ميزان التسوية الخارجي:

أولاً - تعامد محور ميزان التسوية الطولى على المحور الرأسى للجهاز:

يجب أن يرسم محور ميزان التسوية أفقى عندما يدار المنظار حول المحور الرأسي ولاختبار ذلك الشرط تثبت أرجل الميزان بالأرض ويضبط ميزان التسوية الطولى ضبطاً مؤقتاً - ثم يدار المنظار حول المحور الرأسى ١٨٠°- فإذا كان المحوران متعامدان ظلت الفقيعة فى منتصف مجراها - وإلا فإنها تنحرف بمقدار يعادل ضعف الخطأ الموجود فى تعامد المحورين ويسمى هذا الخطأ بالخطأ الظاهرى وهو ضعف الخطأ الحقيقي شكل (١١١).

ولتصحيح ذلك نرفع أو نخفض محور ميزان التسوية المفصلة المثبتة بجانبه حتي تعود الفقيعة إلى نصف عدد التقاسيم التى انحرفتها هنا ويعادل نصف الخطأ الظاهرى أى قيمة الخطأ الحقيقى، ثم تضبط الأفقية بواسطة مسامير

التسوية حتى تكون الفقيعة فى المنتصف شكل (١١١ - ٣، ٤) .



شكل رقم (١١١)

ثانياً - تعامد خط النظر علي المحور الرأسى لدوران الجهاز:

معنى هذا الشرط هو انطباق خط النظر علي المحور البصرى للمنظار لينشأ خط إنطباق عمودي على المحور الرأسى لدوران الجهاز.

ويتم تحقيق هذا الشرط بطريقة الوتدين كالتالى:

١- يوضع الميزان فى منتصف مسافة أ ب وليكن فى جـ ويثبت وتد فى كل من أ ، ب مع جعل ب أ حوالى ١٠٠ متراً وعلى كل منها نضع قامة رأسية تماماً، ويضبط الميزان ضبطاً مؤقتاً (الأفقية والتطبيق) وتؤخذ القراءتين على القامتين الرأسيتين الموضوعتين فى أ ، ب ولتكن $أ_١$ ، $ب_١$ (شكل ١١٢) والفرق الحقيقى بين منسوب النقطتين أ ، ب هو الفرق بين القراءتين $أ_١$ ، $ب_١$ سواء كان خط النظر أفقياً أو مائلاً - حيث أن الخطأ متساوى على كلا القامتين لأن الميزان فى منتصف المسافة بينهما.

٢- ننتقل بالميزان قريباً إلي أحد الوتدين (أ) أو (ب) ولتكن (أ) مثلاً ويكون الميزان قريباً إلى حد يمكن معه القراءة على القامة أ بسهولة - وبعد ضبط الأفقية والتطبيق تؤخذ القراءتين على كلا من القامتين القريبة والبعيدة ولتكن $أ_٢$ ، $ب_٢$ ويحسب الفرق بين القراءتين فإذا تساوى مع الفرق في الوضع الأول أى كان : ($أ_١$- $ب_١$) = ($أ_٢$-$ب_٢$) دل ذلك على أن خط النظر أفقياً تماماً أى أن خط الانطباق موجود فعلاً ومتعامداً على المحور الرأسى للجهاز ، وإذا لم يتفق الفرقان ($أ_١$ - $ب_١$) ، ($أ_٢$ - $ب_٢$) دل ذلك علي عدم تقاطع الشعرات على المحور البصرى للمنظار ويكون التقاطع أعلا المحور أو أسفله ففي هذه الحالة نخفض أو نرفع حامل الشعرات بحيث تحصل على الفرق الحقيقي بين منسوب النقطتين - ويمكن اعتبار أن القراءة $أ_٢$ ، فى الوضع الثانى صحيحة وبذلك يكون الخطأ كله فى القراءة $ب_٢$.

مثال (١):

وضع ميزان من طراز دمبى في منتصف المسافة بين قامتين أ ، ب وكانت قراءة القامة عند أ = ١٫٧٥٥ متراً وقراءة القامة ب = ١٫٤٦٣ - ثم رفع الميزان ووضع قريباً جداً من (أ) وكانت قراءة القامة على أ = ١٫٧١٠ متراً وقراءة القامة على ب = ١٫٤٣٨ متراً . تحقق من وقوع تقاطع الشعرات على المحور البصرى ، ثم ارسم الشكل الذى يبين خط النظر فى الحالتين وعين قراءة القامة الصحيحة على ب فى الحالة الثانية.

الحل:

الفرق الحقيقى بين أ ، ب = ١٫٧٥٥ - ١٫٤٦٣ = ٠٫٢٩٢ متراً

الفرق بين قراءتى القامة عند أ ، ب في الحالة الثانية = ١٫٧١٠ - ١٫٤٣٨= ٠٫٢٧٢ متراً

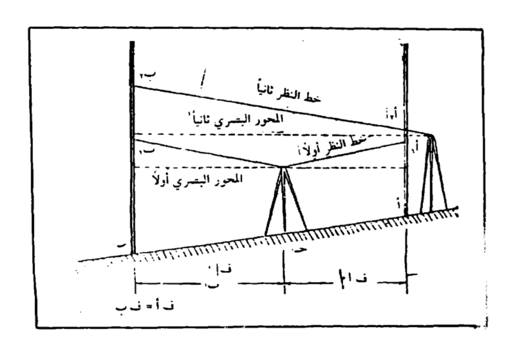
وحيث أن الفرق غير متساوي فى الحالتين فإن نقطة تقاطع الشعرات لا تقع على المحور البصرى.

النقطة ب أعلا من النقطة أ بمقدار ٠٫٢٩٢ متراً .

قراءة القامة الواجبة على ب فى الحالة الثانية

= ١٫٧١٠ - ٠٫٢٩٢ = ١٫٤١٨ تراً

لذا يجب تغيير وضع حامل الشعرات حتى تقرأ القامة على ب القراءة ١٫٤١٨ متر فى الحالة الثانية . ويتم ذلك بفك مسامير حامل الشعرات وتحريك حامل الشعرات حتي تقرأ الشعرة الوسطى على القامة عند القراءة المذكورة.



شكل رقم (١١٢)

مثال (٢):

فى هذا المثال وضع الميزان فى الوضع الثاني على بعد معين من كل من القامتين وليس قريباً جداً من إحداهما كما فى المثال السابق.

وضع ميزان دمبى فى منتصف المسافة أ ب (١٠٠ متر) فكانت القراءة على أ = ٢٫٨٠ متراً وعلى ب = ٢٫٢٤ م. رفع الميزان ووضع فوق جـ خارج أ ب وعلى بعد ٢٠ م فكانت القراءة على ب = ٠٫٤٣ م وعلى أ = ٠٫٥٦ م ماهى القراءة الواجبة على كل من أ ، ب في الوضع الثانى حتى يصبح الميزان مضبوطاً .

الحل:

الفرق الحقيقى بين المنسوبين = ٢٫٨٠ - ٢٫٢٤ = ٠٫٥٦ م

الفرق بين القراءتين في الوضع الثانى = ٠٫٥٦ - ٠٫٤٣ = ٠٫١٣ م

إذن خط النظر فى غير وضعه ويجب تصحيحه . لذا نفرض أن خط النظر إلى أعلى وأن الخطأ فى كل متر عن الوضع الصحيح = س.

الخطأ فى مسافة ٣٠ متراً

(فى القراءة على ب)

الخطأ فى مسافة ١٣٠ متراً

(فى القراءة على أ) = ١٣٠ س

القراءة الصحيحة فى الوضع الثانى على ب = ٠,٤٣ - ٠,٣٠ س

القراءة الصحيحة فى الوضع الثانى على أ = ٠,٥٦ - ١٣٠ س

(٠٫٥٦ - ١٣٠ س) - (٠٫٤٣ - ٣٠ س) = ٠,٥٦

ومنها س = -٠٫٠٠٤٣ متراً.

ومعنى الإشارة السالبة أن الفرض المبدئى بأن خط النظر إلى أعلى خطأ ويجب أن يكون إلى أسفل. أما إذا كانت الإشارة موجبة فمعناها أن الفرض صحيح . وبذا فإن :

القراءة الصحيحة الواجبة على ب في الوضع الثانى

= ٣٤ر. - (-٣٠ x ٤٣٠٠٠ر.) = ٥٥٩و٠م

القراءة الصحيحة الواجبة على أ فى الوضع الثانى

= ٥٦و. - (-١٣٠ x ٤٣٠٠٠ر.) = ١١١٩ر١ م

ب - الوازين ذات ميزان التسوية الداخلى:

١- ضبط ميزان التسوية الداخلى:

أ- نضبط الفقيعة فى منتصف مجراها فى أحد الاتجاهين بواسطة مسمارين من مسامير التسوية ثم فى منتصف مجراها فى الاتجاه الآخر (وبدون دوران الجهاز) بواسطة المسمار الثالث.

ب - تدير المنظار ١٨٠° حول محوره الرأسى ، فإذا ظلت الفقيعة فى المنتصف كان ميزان التسوية مضبوطاً ، وإلا فنصحح نصف الخطأ بمسامير التسوية والنصف الآخر بمسامير ميزان التسوية نفسه.

٢- ضبط ميزان التسوية الداخلى بجعل محوره يوازى خط النظر:

أ- تجرى خطوات الضبط السابقة فى طريقة الوتدين ولكن بدلاً من رفع أو خفض حامل الشعرات تجرى الخطوات التالية :

ب - إذا لم يكن الفرق متساو فى الحالتين فندير الميكرومتر حتى نحصل على القراءة الواجبة على القامة البعيدة وعندئذ تبعد الفقيعة عن منتصف مجراها.

جـ - نعيد الفقيعة مرة أخرى إلى منتصف مجراها بواسطة مسمار ضبط ميزان التسوية نفسه والموجود فى جانب صندوق ميزان التسوية.

د- تعاد العملية عدة مرات حتى يتم الضبط تماماً وبذا يصبح ميزان التسوية موازياً لخط النظر.

أغـــراض الميزانيـــة

تنقسم الميزانية العادية حسب الغرض الذى تستخدم من أجله إلى:

١- **الميـزانيـة الطوليـة**: وتجرى فى الاتجاه الطولى لمشاريع الطرق والترع والمصارف لتعين مناسيب نقط محاورها المختلفة ، ويعرف الشكل الذى يبين مناسيب هذه النقط بالقطاع الطولي ، وأحياناً تجرى هذه الميزانية لتعيين منسوب نقطة معينة فقط بغض النظر عن النقط المتوسطة وتسمى هذه العملية حينئذ بعملية سلسلة ميزانية والغرض الأساسى منها هو تعيين مناسيب نقط ثابتة وليس لعمل قطاع طولى.

٢- **الميزانيـة العرضيـة**: وتجرى فى الاتجاه العرضى للترع والمصارف والطرق السريعة العريضة ويعرف الشكل الذى يبين نقطها بالقطاع العرضى.

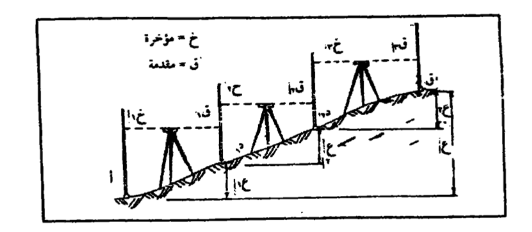
٣- **الميـزانيـة الشبكيـة**: تجرى فى الاتجاهات الطولية والعرضية معاً لتحديد وإظهار طبوغرافية منطقة معينة من سطح الأرض وعمل خريطة كنتورية لها بمعلومية الميزانية الشبكية ، وفيها تحدد مناسيب عدة نقط متفرقة في المنطقة بطرق مختلفة سوف نتعرض لها بالتفصيل فى هذا الباب.

الميزانية الطولية:

تعيين منسوب نقطة:

نفرض أن المعلوم منسوب نقطة مثل (أ) شكل (١١٣) - والمطلوب إيجاد منسوب نقطة أخرى مثل (ب) . ولإجراء ذلك نقسم المسافة بين أ ، ب إلى مسافات مناسبة (حوالى من ٦٠ إلى ١٠٠) ثم نقيس فروق الارتفاع ع١ ، ع٢ ، ع٣ كما فى الشكل باستخدام الميزان والقامة.

وتجمع هذه الفروق لتعطينا فرق الارتفاع الكلى ع- وهو عبارة عن فرق المنسوب بين أ ، ب ويمكن ترتيب العمل كالآتى:



شكل رقم (١١٣)

١- نقف بالميزان في منتصف المسافة بين (أ) ، ($د_1$) تقريباً ثم يضبط الميزان أفقياً.

٢- تضع قامة رأسية فى (أ) ونوجه عليها المنظار وتؤخذ قراءة الشعرة الوسطى ولتكن $خ_1$ وذلك بعد التأكد من أفقية ميزان التسوية الداخلى ، وتسمى هذه القراءة مؤخرة.

٣- تنقل القامة من أ إلى نقطة $د_1$ وتضبط في وضع رأسي ونذير المنظار ويوجه نحو القامة فى ($د_1$) ، ويجب فقط ضبط ميزان التسوية الداخلى مع عدم تغير وضع مسامير التسوية وإلا فقدنا المستوى الأفقى الوهمى الذى يحدد خط النظر الأول وتؤخذ القراءة الجديدة ولتكن $ق_1$ وتسمى هذه القراءة مقدمة.

٤- نحسب فرق القراءتين بين أ ، د وهو البعد الرأسى $ع_1$.

$ع_1 = خ_1 - ق_1$.

٥- ننتقل بالميزان إلى نقطة فى منتصف المسافة بين ($د_2$) ، ($د_1$) ويضبط فى هذا الوضع الثاني ، وفى هذه الأثناء ندير القامة فقط ولا نحركها من مكانها لتواجه الميزان فى وضعه الجديد، تسمى مثل هذه النقطة بنقطة دوران. إذ أننا أخذنا قراءتين للقامة فى نفس مكانها والقراءة الأولى قبل دوران القامة عبارة عن

مقدمة الوضع السابق والقراءة الثانية أخذت بعد دورانها لتواجه الميزان فى وضعه الجديد. وهى عبارة عن مؤخرة الوضع الجديد.

٦- بعد ضبط الأفقية الداخلية تقرأ القامة فى ($د_١$) وتسمى $خ_٢$ ، ثم تنقل القامة إلى ($د_٣$) وندير المنظار ونعين القراءة فى ($د_٣$) وتسمي $ق_٣$ وتكون :

$$ع_٣ = خ_٣ - ق_٣$$

٧- نكرر العمل حتى تكون آخر قراءة القامة عند نقطة (ب)

ع = منسوب آخر نقطة - منسوب أول نقطة.

$$ب - أ = ع_١ + ع_٢ + ع_٣$$

$$= (خ_١ + خ_٢ + خ_٣) - (ق_١ + ق_٢ + ق_٣)$$

أى أن :

الفرق بين منسوب آخر نقطة ومنسوب أول نقطة = مجموع المؤخرات - مجموع المقدمات	(٥٦)

٨- لتحقيق العمل تعاد الميزانية من نقطة النهاية فى الاتجاه العكسى حتى نقطة الروبير أ.

٩- وإذا كان يوجد روبير قريب من ب يمكن تكملة الميزانية إليه بدلاً من العودة إلى أ.

١٠- يكون العمل الحقلى صحيحاً إذا كان منسوب الروبير المستنتج هو نفسه منسوب الروبير المكتوب في حدود الخطأ المسموح به.

الخطأ المسموح به بالمليمتر = ثابت $\sqrt{\text{طول الميزانية بالكيلومتر}}$	(٥٧)

الخطأ المسموح (مم) = ث $\sqrt{\text{ك كم}}$

وفى الميزانية الدقيقة (الدرجة الأولى) تؤخذ ث = ٥

وفى الميزانية العادية ث = ١٠

أما فى القطاعات الطولية ث = ٢٠

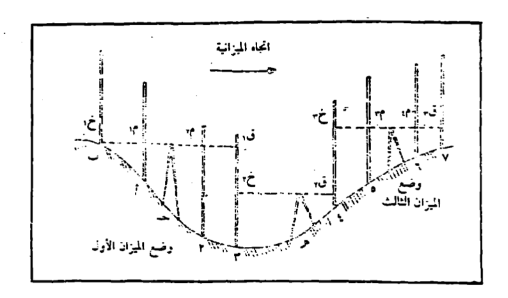
فإذا كانت المسافة بين أ ، ب = ٤ كم فيكون الخطأ المسموح به مساوياً .

$$٢٠ \sqrt{\text{٤ كم}} = ٤٠ \text{ مم} = ٤ \text{ سم}$$

وفى معظم الأحيان تؤخذ قراءات متوسطة بين أى مؤخرة (أى أول قراءة تأخذ على القامة بعد ضبط الجهاز أفقياً فى الوضع الجديد) ومقدمة (أى آخر قراءة تأخذ على القامة فى الوضع الواحد وينقل الجهاز بعدها) وذلك بدون نقل الميزان وترصد هذه النقط بعد المؤخرة مباشرة وقبل المقدمة وبذا تكون أنواع القراءات على القامة هى :

* أى قراءة بعد وضع الميزان مباشرة تسمى مؤخرة خ
* آخر قراءة قبل نقل الميزان تسمى مقدمة ق
* أى قراءة أخرى فى الوضع الواحد للميزان تعتبر قراءة متوسطة م

وفى شكل (١١٤) نجد أن القراءة الأولى عند النقطة ب تعتبر مؤخرة $خ_١$ والقراءة عند النقطة (٣) عبارة عن $ق_١$ مقدمة للوضع الأول للميزان والنقطتين (١)، (٢) على كل منها قراءة متوسطة ونجد أن القراءة على القامة عند نقطة (٣) من الوضع الثانى للميزان هى مؤخرة $خ_٢$ ، وبالمثل القراءة (٤) من الوضع الثانى للميزان هى مقدمة $ق_٢$ فى حين أن القراءة على نفس القامة من الوضع الثالث هى مؤخرة الوضع الجديد وبذا تكون النقط (٣) ، (٤) نقط دوران والقراءات عند (١) ، (٢) ، (٥) ، (٦) متوسطات ، وأول قراءة على محور الميزانية مؤخرة وآخر قراءة على المحور مقدمة.



شكل رقم (١١٤)

طرق تدوين الميزانية:

هناك طريقتان أساسيتان لتدوين الميزانية:

١- طريقة سطح الميزان.

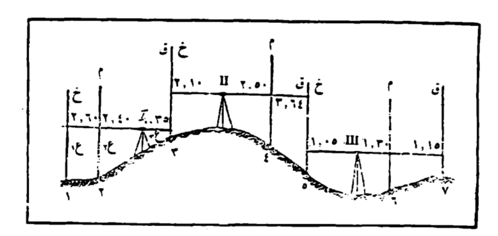
٢- طريقة الارتفاع والانخفاض (فرق الارتفاع).

١- طريقة سطح الميزان:

فى هذه الطريقة يتم حساب منسوب السطح الأفقى الوهمى الناتج من دوران خط الانطباق الأفقى حول المحور الرأسى ، ويطلق عليه منسوب سطح الميزان ثم تحسب مناسيب النقط المختلفة التى أخذت قراءتها من هذا السطح بطرح قراءة القامة الموضوعة فوق النقطة من منسوب سطح الميزان، والمثال الآتى يوضح الطريقة وإيجاد المناسيب للنقط المختلفة.

مثال.

الكروكي المعطى فى شكل (١١٥) يبين قراءات القامة من عدة أوضاع مختلفة للميزان فى ميزانية طولية ، والمطلوب حساب مناسيب النقط المختلفة إذا كان منسوب النقطة الأولى هو ٥٦٫٤ متراً



شكل رقم (١١٥)

الحل:

تدون قراءات القامة فى جدول بحيث تسجل المؤخرات فى خانة والمتوسطات فى خانة والمقدمات فى خانة وتخصص خانة حساب مناسيب سطح الميزان وخانة لحساب المناسيب للنقط وأخرى للملاحظات كما هو موضح فى الجدول التالى مع مراعاة الأتى عند التدوين للقراءات.

١- أول قراءة تسجل فى خانة المؤخرات فى السطر الدال على النقطة الأولى.

٢- من شكل (١١٥) يتضح أنه فى الوضع الأول للميزان (I) كانت قراءة القامة فوق النقطة (٢) متوسطة فتسجل هذه القراءة فى خانة المتوسطات فى السطر الدال على النقطة الثانية.

٣- القراءة الأخيرة من الوضع الأول على القامة فوق النقطة (٣) هى مقدمة للوضع فتسجل فى خانة المقدمات فى السطر الدال على النقطة الثالثة.

٤- أول قراءة أخذت من الوضع الثانى للميزان (II) كانت على القامة الموضوعة عند نقطة (٣) أيضاً (نقطة الدوران) ، وهذه القراءة هى مؤخرة الوضع الجديد وتسجل فى خانة المؤخرات فى نفس السطر الدال على النقطة الثالثة.

٥- يكرر العمل لباقى القراءات وتسجل المتوسطات فى الخانة الخاصة بها ، مع مراعاة أنه عند نقط الدوران تكون هناك دائماً قراءتان ، الأولى مقدمة الوضع السابق ، والثانية مؤخرة الوضع اللاحق ، كما يلاحظ أيضاً أن آخر قراءة تسجل دائماً فى خانة المقدمات فى السطر الدال على آخر نقطة.

وبذا يمكن تسجيل النتائج للميزانية المبينة فى شكل (١١٥) حسب الأسس السابقة فى الجدول التالى:

ولحساب مناسيب النقط في الجدول اتبعنا الآتى:

١- أضيفت قراءة القامة عند نقطة (١) (النقطة المعلومة) على منسوب هذه النقطة حصلنا على نسوب سطح الميزان في الوضع الأول.

النقطة	مؤخرة	متوسطة	مقدمة	سطح الميزان	مناسيب	ملاحظات
١	٢,٦٠			(٥٩,٠٠)	(٥٦,٤٠)	النقطة المعلومة
٢		٢,٤٠			(٥٦,٦٠)	
٣	٢,١٠		٠,٣٥	(٦٠,٧٥)	(٥٨,٦٥)	نقطة الدوران
٤		٢,٥٠			(٥٨,٢٥)	
٥	١,٠٥		٣,٦٤	(٥٨,١٦)	(٥٧,١١)	نقطة الدوران
٦		١,٣٠			(٥٦,٨٦)	
٧			١,١٥		(٥٧,٠١)	
Σ	٥,٧٥	٦,٢٠	٥,١٤		٤٠٠,٨٨	

٢- من هذا المنسوب طرحت قراءة القامة عند النقطة الثانية حصلنا على منسوب هذه النقطة، ثم طرحنا قراءة القامة عند النقطة الثالثة من منسوب سطح الميزان حصلنا على منسوب هذه النقطة ويجب أن توضع المناسيب بين قوسين للتعرف عليها بينما توضع القراءات بدون أقواس.

٣- بمثل ما اتبع في الوضع الأول للميزان حصلنا على منسوب سطح الميزان في الوضع الثانى وذلك بإضافة مؤخرة هذه الوضع (القراءة الجديدة من الميزان فى وضعه الجديد علي نفس القامة الموضوعة فى نقطة ٣ إلى منسوب (٣) ومن هذا المنسوب حصلنا علي مناسيب النقط (٤) ، (٥) وهكذا . ولتحقيق العمل الحسابى عند حساب المناسيب للنقط المختلفة يمكن استخدام المعادلة (٥٦) ومن الجدول منسوب آخر نقطة - منسوب أول نقطة

= ٥٧,٠١ - ٥٦,٤٠

= ٠,٦١

Σ المؤخرات - Σ المقدمات = ٥,٧٥ - ٥,١٤

= ٠,٦١

كما يجب مراعاة أن عدد المؤخرات فى الجدول يساوى عدد المقدمات.

ونلاحظ أيضاً أن عدد القراءات الكلية المأخوذة فى الميزانية يساوى عدد نقط الميزانية مضافاً إليه عدد نقط الدوران ففى المثال عدد القراءات المختلفة كان تسعة وكانت نقط الميزانية سبعة وعدد نقط الدوران اثنين. ونلاحظ أنه بالمعادلة يمكن التحقيق فقط من مناسيب نقط الدوران ومنسوب أول نقطة ومنسوب آخر نقطة . أما مناسيب النقط التى كانت قراءة القامة عندها متوسطات فلم تدخل فى الحساب لذلك تستخدم المعادلة الآتية كتحقيق آخر.

مجموع مناسيب النقط المختلفة عدا أول نقطة + مجموع المقدمات + مجموع المتوسطات = المجموع الجبرى لحاصل ضرب مناسيب سطح الميزان فى عدد مرات استخدامها لإيجاد مناسيب نقط جديدة.	(٥٨)

ومن الجدول

الطرف الأيمن للمعادلة = (٨٨ر٤٠٠ - ٥٦ر٤٠) + ١٤ر٥ + ٢٠ر٦ = ٨٢ر٣٥٥

الطرف الأيسر للمعادلة = ٠٠ر٥٩ X ٢ + ٧٥ر٦٠ X ٢ + ١٦ر٥٨ X٢ = ٨٢ر٣٥٥

٢- طريقة فرق الارتفاع:

(الارتفاع والانخفاض):

في هذه الطريقة يمكن إيجاد منسوب نقطة لاحقة من منسوب نقطة سابقة معلوم وذلك بإضافة فرق الارتفاع بين هاتين النقطتين جبرياً إلي منسوب النقظة المعلومة. ففي شكل (١١٥) إذا كانت النقطة المعلومة هي نقطة (١) وكانت القراءة عندها هي $ع_١$ والنقطة المطلوب حساب منسوبها هي (٢) والتي كانت قراءة القامة عندها $ع_١$ فإن منسوب نقطة (٢) يتعين كما يلي:

منسوب النقطة اللاحقة = منسوب النقطة السابقة $\pm$ ($ع_١$ - $ع_٢$)

ونلاحظ أيضاً من شكل (١١٥) أن النقطة (٢) اللاحقة أعلى من النقطة السابقة (١)، وفي نفس الوقت نلاحظ أن $ع_١$ أكبر من $ع_٢$. وعليه فإن الفرق بين $ع_١$ ، $ع_٢$ يكون موجبا ويطلق عليه في هذه الحالة ارتفاع النقطة اللاحقة عن السابقة.

أما إذا قارنا (٤) ، (٥) في نفس الشكل فنجد أن النقطة اللاحقة (٥) أوطى من النقطة السابقة (٤) في حين أن $ع_١$ أقل من $ع_٢$ ، أي أن الفرق بين $ع_١$ ، $ع_٢$ يكون سالب ويطلق عليه في هذه الحالة انخفاض النقطة اللاحقة عن السابقة.

وبذلك فإذا كانت قراءة القامة عند النقطة اللاحقة أكبر من قراءتها عند النقطة السابقة تكون النقطة اللاحقة أوطى من النقطة السابقة بمقدار يساوى الفرق العددى بين القراءتين . وبذا يكون منسوب النقطة اللاحقة مساويا منسوب النقطة السابقة مطروحاً منه مقدار الانخفاض.

أما إذا كانت قراءة القامة عند النقطة اللاحقة أقل من القراءة عند النقطة السابقة، تكون النقطة اللاحقة أعلى من السابقة بمقدار الفرق العددى بين القراءتين ، ويكون منسوب النقطة اللاحقة مساويا منسوب النقطة السابقة مضافاً إليه مقدار الارتفاع.

ولتنظيم العمل الحسابى تدون القراءات سواء كانت مؤخرات أو متوسطات أو مقدمات مثلما سبق فى جدول تكون فيه خانتين إحداهما لبيان مقدار الارتفاع والأخري لبيان مقدار الانخفاض (وذلك بدلاً من منسوب سطح الميزان فى الطريقة السابقة) . ويجب التنويه هنا إلى أن المقارنة بين النقط وبعضها (لاحقة وسابقة) يكون فى الوضع الواحد للميزان ولا تقارن أبداً قراءات من أوضاع مختلفة الميزان.

مثال :

للقراءات المبينة فى شكل (١١٥) أوجد مناسيب النقط المختلفة بطريقة الارتفاع والانخفاض إذا كان منسوب أول نقطة هو ٥٦ر٤٠ متر.

الحل :

النقطة	مؤخرة	متوسطة	مقدمة	سطح الميزان	مناسيب	ملاحظات
١	٢,٦٠			(٥٩,٠٠)	(٥٦,٤٠)	النقطة المعلومة
٢		٢,٤٠			(٥٦,٦٠)	
٣	٢,١٠		٠,٣٥	(٦٠,٧٥)	(٥٨,٦٥)	نقطة الدوران
٤		٢,٥٠			(٥٨,٢٥)	
٥	١,٠٥		٣,٦٤	(٥٨,١٦)	(٥٧,١١)	نقطة الدوران
٦		١,٣٠			(٥٦,٨٦)	
٧			١,١٥		(٥٧,٠١)	
Σ	٥,٧٥	٦,٢٠	٥,١٤		٤٠٠,٨٨	

ويمكن تحقيق العمل الحسابى فى طريقة فرق الارتفاع باستخدام المعادلة (٥٩).

Σ الارتفاعات - Σ الانخفاضات = منسوب آخر نقطة - منسوب أول نقطة = Σ المؤخرات - Σ المقدمات	(٥٩)

فمن الجدول :

Σ الارتفاعات -Σ الانخفاضات = ٢٫٤٠ - ١٫٧٩ = ٠٫٦١

Σ المؤخرات - Σ المقدمات = ٥٫٧٥ - ٥٫١٤ = ٠٫٦١

منسوب آخر نقطة - منسوب أول نقطة

= ٧٫٠١ - ٥٦٫٤٠ = ٠٫٦١

عدد المؤخرات = عدد المقدمات

عدد القراءات الكلية = عدد نقط الميزانية + عدد نقط الدوران.

٩ = ٧ + ٢

ومن هذا يتضح صحة ترتيب الجدول وصحة حساب المناسيب فيه.

حساب المناسيب للنقط إذا كانت النقطة المعلومة المنسوب ليست هى النقطة الأولى:

قد تجري فى بعض الأحيان ميزانية لا تبدأ من نقطة معلومة المنسوب ، وتكون النقطة المعلومة المنسوب إحدى نقط الميزانية أو آخر نقطة فى الميزانية ، وسنبين طريقة حساب المناسيب فى هذه الحالة بالأمثلة الآتية:

مثال (١):

أخذت القراءات التالية فى ميزانية طولية بغرض تعيين مناسيب النقط المختلفة فكانت:

١,٢٥ - ٢,٢٥ - ٢,٠٥ - ١,٨٥ - ١,٦٥ - ١,٩٥ - ٢,٥٠ - ٣,٣٥ - ٣,٥٥ - ٢,١٥ - ١,٤٥ - ٢,٥٥ - ٢,٨٥ .

فإذا كان الميزان قد نقل بعد النقطة الثانية والرابعة والسادسة وكان منسوب النقطة الرابعة هو (١٠,٠٠) متراً ، عين مناسيب النقط على طول محور الميزانية بطريقة الارتفاع والانخفاض.

الحل:

حيث أن الميزان قد نقل بعد النقط الثانية والرابعة والسادسة فإن هذه النقط تكون نقط دوران ، وعلى ذلك يرتب الجدول على هذا الأساس بحيث يكون عند النقط المذكورة قراءتين دائما مقدمة الوضع السابق ومؤخرة الوضع اللاحق.

وفى هذا النوع من المسائل عندما لا يعرف منسوب أول نقطة - نبتدئ فى الجدول بتعيين مناسيب النقطة التالية للنقطة المعلومة المنسوب بالطريقة العادية أى توجد مناسيب النقط الخامسة والسادسة والسابعة والثامنة والتاسعة والعاشرة وهى آخر نقطة . ثم نفرض أن منسوب النقطة الأولى هو س وباستخدام المعادلة (٥٦) معادلة التحقيق نجد أن:

مجموع المؤخرات - مجموع المقدمات = آخر نقطة - أول نقطة = ٨,٨٠ - ١٠,١٠

= ٩,٣٠ - س

∴ س = ٩,٣٠ + ١,٣٠ = ١٠,٦٠ متراً.

ثم نبدأ فى تعيين مناسيب النقط الثانية والثالثة وللتحقيق نعين منسوب النقطة الرابعة ويجب أن يكون ١٠,٠٠ وهذا يعتبر تحقيقاً حسابياً لصحة العمل

وكتحقيق آخر نستخدم المعادلة (٥٩) ومن الجدول نجد أن مجموع الارتفاعات - مجموع الانخفاضات = ٢٫٥٠ - ٣٫٨٠ = - ١٫٣٠ وهذا يساوي الفرق بين منسوب آخر نقطة ومنسوب أول نقطة.

النقطة	قراءات القامة خ	م	ق	ارتفاع +	انخفاض -	منسوب النقطة	ملاحظات
١	١٫٢٥					(١٠٫٦٠)	
٢	٢٫٠٥		٢٫٢٥	٠٫٢٠	١٫٠٠	(٩٫٦٠)	
٣		١٫٨٥		٠٫٢٠		(٩٫٨٠)	
٤	١٫٩٥		١٫٦٥			(١٠٫٠٠)	معاومة
٥		٢٫٥٠			٠٫٥٥	(٩٫٤٥)	
٦	٣٫٥٥		٣٫٣٥		٠٫٨٥	(٨٫٦٠)	
٧		٢٫١٥		١٫٤٠		(١٠٫٠٠)	
٨		١٫٤٥		٠٫٧٠		(١٠٫٧٠)	
٩		٢٫٥٥			١٫١٠	(٩٫٦٠)	
١٠			٢٫٨٥		٠٫٣٠	(٩٫٣٠)	
	٨٫٨٠		١٠٫١٠	٢٫٥٠	٣٫٨٠		

مثال (٢):

أخذت القراءات الآتية على محور مشروع بقصد عمل قطاع طولى له فكانت:

٢٫٧٠ - ٢٫٢٠ ٢٫٦٠ - ٣٫٠٠ - ١٫٧٠ - ٢٫٣٠ - ٢٫٥٠ - ٢٫٨٠-٢٫٠٠ - ٢٫٦٠ - ٣٫٤٠ - ٣٫٢٠ - ٣٫٥٠ .

فإذا كان الميزان قد نقل بعد النقطة الثالثة والسادسة والسابعة ، بين فى جدول مناسيب النقط المختلفة بطريقة الارتفاع والانخفاض علماً بأن منسوب آخر نقطة هو (١٥٫٥٠) متر.

الحل:

بعد ترتيب الجدول ووضع القراءات المختلفة للقامة في أماكنها - نفرض أن منسوب النقطة الأولى هو س ، وباستخدام قانون التحقيق الحسابي (معادلة ٥٦) نجد أن:

مجموع المؤخرات = ١١٫١٠

مجموع المقدمات = ١٠٫٦٠

منسوب آخر نقطة = ١٥٫٠٠ ، منسوب أول نقطة = س

س = ١٥٫٥٠ - ٠٫٥٠ = (١٥٫٠٠) متراً

ثم نبدأ في تعيين مناسيب النقطة الثانية والثالثة وهكذا حتى النقطة الأخيرة ويجب أن يكون (١٥٫٥٠) وهكذا يعتبر تحقيقاً حسابياً لصحة العمل (انظر الجدول).

النقطة	قراءات القامة			ارتفاع	انخفاض	مناسيب
	خ	م	ق	+	-	النقط
١	٢,٧٠					١٥,٠٠
٢		٢,٢٠		٠,٥٠		١٥,٥٠
٣	٣٠٠		٢,٦٠		٠,٤٠	١٥,١٠
٤		١,٧٠		١,٣٠		١٦,٤٠
٥		٢,٣٠			٠,٦٠	١٥,٨٠
٦	٢,٨٠		٢,٥٠		٠,٢٠	١٥,٦٠
٧	٢,٦٠		٢,٠٠	٠,٨٠		١٦,٤٠
٨		٣,٤٠			٠,٨٠	١٥,٦٠
٩		٣,٢٠		٠,٢٠		١٥,٨٠
١٠			٣,٥٠		٠,٣٠	١٥,٥٠
	١١,١٠		١٠,٦٠			

مثال (٣):

أخذت ميزانية على محور مشروع بغرض إيجاد مناسيب النقط المختلفة فكانت القراءات على القامة كما يلي:

٢٫٩٨ - ١٫٣٤ - ٠٫٤٨ - ٣٫٥٤ - ٢٫١١ - ١٫٧٧ - ٠٫٦٨ - ٣٫٨٦ - ٠٫٢٢ - ٠٫٥٦ - (٢٫١٨) - ٣٫٥٠ - (٠٫٦٤) - ١٫٢٢ - ٣٫١١ - (٢٫٣٤) - ٠٫٨٥.

فإذا علم أن الأرض كانت تنحدر فى اتجاه واحد ابتداء من النقطة الأولى وحتى النقطة الثامنة ثم أخذت طبيعة الأرض فى التغير بعد ذلك ، وأن القراءات بين الأقواس فى الجزء الأخير من الميزانية مؤخرات وكان منسوب النقطة الرابعة (-٨٠٫٤) فأوجد فى جدول ميزانية كامل وبطريقة سطح الميزان مناسيب النقط المختلفة مع تحقيق العمل الحسابى.

الحل:

حيث أن الأرض تنحدر فى اتجاه واحد بانتظام فإن قراءات القامة فى الوضع الواحد للميزان أما أن تتناقص تدريجيا أو تتزايد تدريجيا ، وعندما تتغير فجأة قراءات القامة بالزيادة أو النقصان فهذا دليل عن تغير سطح الميزان لوضع جديد تكون القراءتان المتتاليتان التى حدثت فيها التغير الفجائى أحدهما مقدمة الوضع السابق والأخرى مؤخرة الوضع الجديد، وبذلك يمكن استنتاج أوضاع الميزان المختلفة بنفس الطريقة كما هو مبين بالجدول حتى نصل إلى النقطة الثامنة، بعد ذلك ترتب باقى قراءات الميزانية بحيث تكون القراءات بين الأقواس مؤخرات . ثم نبدأ من النقطة الرابعة المعلوم منسوبها ونوجد مناسيب النقط التالية حتى آخر نقطة . ومن المعادلة (٥٦) يمكن استنتاج منسوب أول نقطة والتى نستمر منها فى إيجاد مناسيب النقط ٢ ، ٣ وكذلك منسوب ٤ من جديد للتحقيق . وقد استنتج منسوب سطح الميزان الذى تقع النقطة الرابعة ضمن نقطه وذلك بإضافة القراءات عند النقطة ٤- وهى متوسطة قدرها ٢٫١١ - إلى منسوب النقطة وكتب سطح الميزان أمام مؤخرة هذا الوضع ومنه استنتجت مناسيب النقط٣ ٥ ، ٦ وهكذا بالنسبة لباقى أوضاع الميزانية التالية حتى النقطة الأخيرة . ومن الجدول نجد أن منسوب النقطة الأخيرة هو (- ٢٫٣٧) . وباستخدام المعادلة

(٥٦) فإن:

١٥,٥٤ - ٩,١٨ = - ٢,٣٧ - س

∴ منسوب أول نقطة س = - ٨,٧٣

النقطة	مؤخرة	متوسطة	مقدمة	سطح الميزان	منسوب	ملاحظات
١	٢,٩٨			- ٥.٧٥	- ٨.٧٣	
٢		١.٣٤			- ٧.٠٩	
٣	٣,٥٤		٠,٤٨	- ٢.٦٩	- ٦.٢٣	
٤		٢,١١			- ٤.٨٠	معلومة
٥		١.٧٧			- ٤,٤٦	
٦	٣.٨٦		٠.٦٨	+ ٠.٤٩	- ٣.٣٧	
٧		١,٢٢			- ٠.٧٣	
٨	٢,١٨		٠.٥٦	+ ٢.١١	- ٠.٠٧	
٩	٠,٦٤		٣.٥٠	- ٠.٧٥	- ١.٣٩	
١٠		١,٢٢			- ١.٩٧	
١١	٢,٣٤		٣,١١	- ١,٥٢	- ٣.٨٦	
١٢			٠,٨٥		- ٢,٣٧	
Σ	١٥,٤٥	٧,٦٦	٩,١٨		٤٥,٠٧	

ومنها اوجدنا منسوب النقطة (٢) ، (٣) ثم (٤) للتحقيق ، وللتحقيق من حساب المناسيب بالمعادلة (٥٨) نجد أن الطرف الأيمن يكون مساوياً:

-٤٥,٠٧ - (-٨,٧٣) + ٩,١٨ + ٧,١٦ + ١٩,٥٠

والطرف الأيسر مساوياً:

-٥,٧٥ x ٢ - ٢,٦٩ x ٣ + ٠,٤٩ x ٢ + ٢,١١ x١

- ٠,٧٥ x٢ - ١,٥٢ x١ = ١٩,٥٠

وهذا تأكيد على صحة العمل الحسابى.

تشكيل القطاعات الطولية:

القطاعات الطولية هى ما تؤخذ فى اتجاه المشروع وعلى طول محوره كما فى حالة مشاريع مد أنابيب مياه والطرق وخلافه.

ومن الأغراض الهامة في الميزانية هو الحصول على هذه القطاعات أى الحصول على شكل طبيعة سطح الأرض وتمثيلها بخط مستقيم أو منحنى على خريطة وذلك بتعيين مناسبب نقط معينة على هذا الخط والمسافات بينهما .

وعادة تبدأ الميزانية من روبير أو أى نقطة معلوم منسوبها بحيث تكون قريبة من نقطة ابتداء القطاع . ويمكن معرفة ذلك من الخريطة المخصصة لتلك المنطقة ، ثم تسلسل الميزانية حتى أول القطاع ثم ترصد القراءات على القامات الموضوعة فوق نقط القطاع المختلفة وتقاس المسافات بينها حتى آخر نقط القطاع، ويستحسن الاستمرار فى سلسلة الميزانية بعد الوصول إلى آخر القطاع حتى أقرب روبير وذلك بأخذ مؤخرات ومقدمات فقط، ومقارنة المنسوب الناتج لهذا الروبير من حساب الميزانية بالمنسوب المدون بدفتر الروبيرات التى تخرجها مصلحة المساحة فيجب أن يتساوى المنسوبان أو لا يتعدى الفرق بينها القيمة :

الخطأ المسموح بالكم = ١٠ √ طول الميزانية بالكم

وفى حالة تعذر الوصل إلى أقرب روبير من النقطة الأخيرة للقطاع فيمكن تحقيق صحة العمل بإعادة الميزانية فى اتجاه عكسى للتحقيق من صحة القراءات والمناسيب.

ويلاحظ أن طريقة التدوين والحساب لا تختلف عما سبق إلا بإضافة عمود فى الجدول تدون به المسافات بالأمتار بين النقط وذلك بالنسبة لأول المشروع.

ولرسم القطاع تأخذ خانتى المسافات والمناسيب وتعتبر أحدهما المحور السينى وهو المسافات دائماً ، والمحور الصادى وهو المناسيب ، ونظراً لأن المسافات الأفقية طويلة جداً إذا قورنت بفروق المناسيب بين نقط القطاع لذلك ترسم المسافات الأفقيه بمقياس رسم صغير مثل ١:١٠٠٠ أو ١:٥٠٠٠ حسب مساحة الورقة وحسب الغرض الذى ينشأ من أجله القطاع الطولى، وترسم الأبعاد الرأسية التى تحدد المناسيب بمقياس رسم كبير وذلك بأن نأتى بالفرق بين أعلى

نقطة وأوطى نقطة لكى نحدد المقياس الرأسى الذى يقرب إلى رقم صحيح مثل ١: ٥٠ أو ١: ١٠٠ - على هذا الأساس تظهر الفروقات فى الارتفاع واضحة جداً إذ أننا بالغنا فيها بأخذ مقاييس مختلفة وتوصل النقط ببعض بخطوط مستقيمة على اعتبار أن سطح الأرض مستوياً بين كل نقطتين متتاليتين. وبذا نحصل على القطاع الطولى الذى يبين شكل الأرض على محور الطريق أو الترعة أو المصرف وهكذا.

وغالباً ما يطلب منا عمل الميزانية الطولية لإقامة مشروع بطول هذه الميزانية فيحدد على القطاع الطولى المحور المطلوب ويسمى محور المشروع وهو إما أن يكون أفقياً أو مائلاً ميل واحد أو عدة ميول حسب حاجة المشروع المطلوب كما هو الحال فى مشاريع إنشاء الطرق والجسور وبناء الكبارى وتخطيط شبكات الترع والمصارف.

ويراعى أن النقط التى تؤخذ عندها المناسيب لرسم القطاع هى:

أ- النقط التى يتغير عندها اتجاه ميل سطح الأرض تغيراً ملموساً .

ب - النقط التى يتغير فيها الاتجاه.

جـ - أى نقط أخرى يراها المهندس ضرورية لدقة المشروع.

وإذا كان عرض المشروع (طريق أو ترعة) ضيقاً فتكون مناسيب النقط على المحور ممثلة لجميع النقط فى الاتجاه العمودى أو القطاع العرضى والمثال الآتي يوضح الطريقة المثلي للحصول على القطاع الطولى المطلوب وعلى سطح الإنشاء وكيفية حساب ارتفاعات الحفر والردم.

مثال:

اجريت ميزانية بغرض عمل قطاع طولى لمشروع طريق زراعى بين النقطتين أ عند الكيلو ١٤٫٠٠ والنقطة ب عند الكيلو ١٤٫٥٠٠ وكانت المسافات بين نقط الميزانية متساوية وكانت قراءات القامة كالآتى:

١٫٥٢ - ١٫٩١ - ٢٫٤١ - ٢٫٥٩ - ١٫٩٢ - ١٫٤٨ - ١٫١٢ - ٠٫٤٤ - ١٫٥٠ - ١٫١٦ - ١٫٨٢ - ١٫٩١ - ١٫٢٢ - ٢٫٣٠ - ٣٫٨٥.

فإذا كان الميزان قد نقل بعد النقط الثالثة والخامسة والسابعة والتاسعة وكان مسوب النقطة الأولى هى ١٨٫٤٠ فالمطلوب:

رسم القطاع الطولى بين الكيلو ١٤٫٠٠ والكيلو ١٤٫٥٠٠ بمقاييس رسم مناسبة مبيناً :

أ- الأرض الطبيعية.

ب - خط الإنشاء لطريق مقترح يبدأ من نقطة أ يميل $\frac{١}{٢}$ ٪ إلى أسفل.

جـ - ارتفاع الحفر أو الردم عند جميع نقط القطاع.

الحل:

تبدأ أولاً بترتيب الجدول وليكن بطريقة سطح الميزان وذلك للحصول على مناسيب الأرض الطبيعية على طول المحور ومن الجدول نجد أن عدد نقط الميزانية ١١ نقطة بينها ١٠ مسافات متساوية كل منها يساوى.

$$\frac{١٤٥٠٠ - ١٤٠٠٠}{١٠} = ٥٠ \text{ متر}$$

وبمعلومية منسوب النقطة الأولى حسبت مناسيب باقى نقط القطاع ، كذلك حسبت مناسيب سطح الإنشاء بمعلومية انحداره كما هو موضح فى الجدول التالى:

التحقيق الحسابى:

مجموع المؤخرات - مجموع المقدمات = ٧٫٦١ - ١١٫١٥ = -٣٫٥٤ متراً

منسوب آخر نقطة - منسوب أول نقطة = ١٤٫٨٦ - ١٨٫٤٠ = - ٣٫٥٤٠ متر

ملاحظات على الجدول:

١- يلاحظ أن خط الإنشاء يبدأ بالنقطة الأولى مع الأرض الطبيعية ويميل بمقدار $\frac{١}{٢}$ ٪ أى ٥٠ سم كل ١٠٠ متر أو ٢٥ سم كل ٥٠ متر ومنها يستنتج

النقط	مسافات متر	قراءات القامة مؤخرة	متوسطة	مقدمة	منسوب سطح الميزان	مناسيب النقط	منسوب المشروع	الحفر إرتفاع	إرتفاع الردم
ا - ١	٠٠	١,٥٢			١٩,٩٢	١٨,٤٠	١٨,٤٠		٠٠
٢	٥٠		١,١١			١٨,٠١	١٨,١٥		٠,١٤
٣	١٠٠	٢,٥٩		٢,٤١	٢٠,١٠	١٧,٥١	١٧,٩٠		٠,٣٩
٤	١٥٠		١,٩٢			١٨,١٨	١٧,٦٥	٠,٥٣	
٥	٢٠٠	١,١٢		١,٤٨	١٩,٧٤	١٨,٦٢	١٧,٤٠	٠,٨٢	
٦	٢٥٠		٠,٤٤			١٩,٣٠	١٧,١٥	٠,١٥	
٧	٣٠٠	١,١٦		١,٥٠	١٩,٤٠	١٨,٢٤	١٦,٩٠	١,٣٤	
٨	٣٥٠		١,٨٢			١٧,٥٨	١٦,٦٥	٠,٩٣	
٩	٤٠٠	١,٢٢		١,٩١	١٨,٧١	١٧,٤٩	١٦,٤٠	١,٠٩	
١٠	٤٥٠		٢,٣٠			١٦,٤١	١٦,١٥	٠,٢٦	
ب - ١١	٥٠٠			٣,٨٥		١٤,٨٦	١٥,٩٠		١,٠٤
		٧,٦١		١١,١٥					

منسوب الإنشاء لكل نقطة.

٢- فى مسافة ٥٠٠ متر نجد أن منسوب الإنشاء لآخر نقطة هو ١٥٫٩٠.

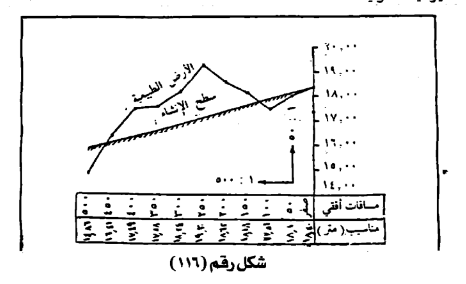
٣- لإيجاد ارتفاع الحفر أو الردم يحسب الفرق بين منسوبى الإنشاء والأرض الطبيعية فإذا زاد منسوب خط الإنشاء عن الأرض الطبيعية كان المطلوب هو ردم والعكس يكون حفر.

رسم القطاع:

استخدم فى رسم القطاع مقياس رسم أفقى مقداره ١: ٥٠٠٠ ومقياس رسم رأسى مقداره ١: ٥٠ ، أى أن على المحور الأفقى ١ سم لكل ٥٠ متراً وعلى المحور الرأسى ١ سم لك لكل ٥٠ سم وحيث أن أوطى منسوب لسطح الأرض الطبيعية ولسطح الإنشاء هو ١٤٫٨٦ لذلك اعتبرنا أن سطح المقارنة هو منسوب (١٤٫٠٠) كما هو موضح فى شكل (١١٦).

الميزانية العرضية:

الميزانية العرضية هى ميزانية تجرى فى الاتجاه العمودى على الميزانية الطولية عند نقطها المختلفة وذلك لمعرفة طبيعة الأرض على جانبى محور الميزانية الطولية.



شكل رقم (١١٦)

كذلك لحسا ب مكعبات الأتربة بدقة مثل حساب مكعبات الحفر والردم الناتجة من تطهير الترع أو المصارف أوتصميم الجسور أو حساب مكعبات الحفر والردم عند إنشاء الطرق وجسور السكك الحديدية الجديدة.

تشكيل القطاعات العرضية:

تؤخذ قطاعات عرضية كلما تغيرت طبيعة الأرض وعلى مسافات متساوية إذا كانت الأرض منتظمة الانحدار وتؤخذ عادة على مسافات ٥٠ متر ويسمى كل قطاع بحسب بعده عن نقطة الابتداء في الميزانية الطولية أي بعده عن نقطة أول المشروع.

وتوجد طريقتان أساسيتان لعمل القطاعات العرضية:

الأولى: ويبدأ بعمل الميزانية للقطاع ابتداء من محوره.

والثانية: ويبدأ بعمل الميزانية للقطاع ابتداء من أحد الجانبين.

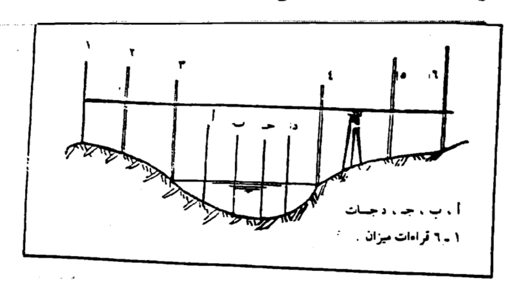
وتستخدم الطريقة الأولى في الأعمال الإنشائية كإنشاء ترع أو مصارف أو طرق جديدة ، ويخطط محور للمشروع على الخريطة ، ثم يوقع في الطبيعة بدق أوتاد أو شواخص ، ثم نبدأ عمل الميزانية على يمين ويسار المحور.

ويختلف جدول الميزانية العرضية عن الميزانية الطولية بتقسيم خانة المسافات إلى ثلاثة أقسام الأولى خاصة بأبعاد النقط على القطاع من ابتداء المحور الطولي وعلى يمينه والثانية خاصة بأبعاد القطاعات على المحور الطولي من ابتداء المشروع والثالثة خاصة بأبعاد النقط على القطاع يسار المحور الطولي.

وتسلسل ميزانية من أقرب روبير أو نقطة معروف منسوبها ، ويوضع الميزان في مكان يسهل منه رؤية جميع نقط القطاع ، ثم يعرف منسوبه من الميزانية المسلسلة ثم توضع القامة على المحور عند موقع القطاع وتقرأ وتقيد في الخانة الخاصة بها ويكتب أمامها في خانة المحور صفر. ثم توضع القامة في نقطة لتكون في الاتجاه العمودي على المحور وتقيد في خانة المتوسطات وتدون المسافة في خانة يعين أمام كل نقطة بما يقابلها من هذه الأبعاد، وننتقل إلى اليسار ، ويتم العمل في جميع القطاعات الأخري بنفس الطريقة ، ويمكن نقل

الميزان إلى نقط أخرى معروف منسوبها من الميزانية الطولية أو المسلسلة إذا لم يمكن أخذ قراءات القامة لجميع القطاعات من موضع واحد للميزان.

أما الطريقة الثانية فتتبع غالباً فى حالة تطهير الترع والمصارف ويتعذر علينا تعيين محور الترعة لوجوده فى المياه ويبدأ بعمل القطاع من الجهة اليسرى عادة وتنتقل القامة فى اتجاه عمودى على طول الترعة وتوضع فى كل نقطة يلاحظ فيها التغير وهكذا حتى نصل إلى نقطة تلاقى سطح الماء بالميل الجانبى للترعة فتؤخذ عندها قراءة ويعين منسوبها ويكون هو منسوب سطح الماء ، وبعدها تعمل جسات بالمجرى لمعرفة عمق القاع عن سطح الماء . ويمكن إيجاد مناسيب القاع بطرح مقدار الجسات من منسوب سطح الماء شكل (١١٧).



شكل رقم (١١٧)

والجدول الآتى يبين نتائج ميزانية عرضية لمشروع إنشاء طريق عرض قطاعه ٩ متر وميوله الجانبية لقطاعه ١ : ١ ومنسوبه ١٦٫٥٠.

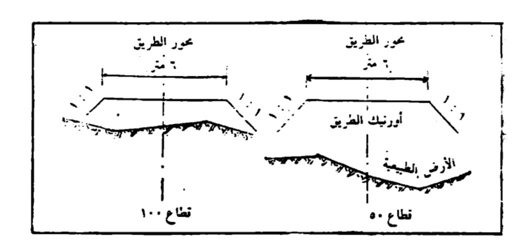
التحقيق الحسابى لحساب المناسيب:

المؤخرات - المقدمات = ٢٫٦٠ - ٢٫٧٠ = - ٠٫١٠

منسوب آخر نقطة - منسوب أول نقطة = ١٦٫٤٠ - ١٦٫٥٠ = -٠٫١٠ م

وترسم القطاعات العرضية بنفس الخطوات المتبعة في رسم القطاعات الطولية مع استعمال مقياس رسم واحد عادة للأبعاد والمناسيب على السواء، وذلك لأن الأبعاد في هذه الحالة لا تكون كبيرة إذا قورنت بفروق المناسيب بين النقط وبعضها ، وترسم عادة بمقياس رسم ١ : ٢٠٠ أو ١ : ١٠٠ أو ١ : ٥٠.

وشكل (١١٨) يبين القطاع العرضي عند مسافة ٥٠ ومسافة ١٠٠ متر وكذلك أورنيك الطريق المقترح.



شكل رقم (١١٨)

الميزانية الشبكية :

الميزانية الشبكية من أحسن الطرق لمعرفة مناسيب النقط الموجودة على سطح الأرض في منطقة محددة ويتم ذلك بتحديد البعد الأفقي بين كل نقطة عن الأخرى وذلك برفع المنطقة وتحديد مواضع النقط المختلفة وتعيين منسوبها.

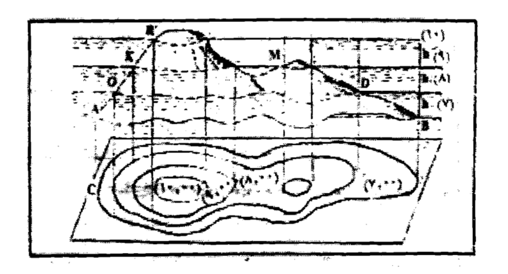
وعند تنفيد المشروعات الهندسية والزراعية يلزم معرفة مناسيب النقط المختلفة للمشروع ومن هنا صارت الميزانية الشبكية ذات أهمية كبرى في الخرائط المعدة لتصميم مثل هذه المشروعات ولتسهيل بيان طبيعة الأرض ، ومعرفة طبوغرافيتها توصل النقط المتساوية المناسيب بخط يطلق عليه خط الكنتور .

جدول الميزانية العرضية

النقط	مسافات متر	قراءات القامة: مؤخرة	قراءات القامة: متوسطة	قراءات القامة: مقدمة	منسوب سطح الميزان	مناسيب النقط	منسوب المشروع	الحفر إرتفاع	إرتفاع الردم
أ - ١	٠٠	١,٥٢			١٩,٩٢	١٨,٤٠	١٨,٤٠		٠٠
٢	٥٠		١,١١			١٨,٠١	١٨,١٥		٠,١٤
٣	١٠٠	٢,٥٩		٢,٤١	٢٠,١٠	١٧,٥١	١٧,٩٠		٠,٣٩
٤	١٥٠		١,٩٢			١٨,١٨	١٧,٦٥	٠,٥٣	
٥	٢٠٠	١,١٢		١,٤٨	١٩,٧٤	١٨,٦٢	١٧,٤٠	٠,٨٢	
٦	٢٥٠		٠,٤٤			١٩,٣٠	١٧,١٥	٠,١٥	
٧	٣٠٠	١,١٦		١,٥٠	١٩,٤٠	١٨,٢٤	١٦,٩٠	١,٣٤	
٨	٣٥٠		١,٨٢			١٧,٥٨	١٦,٦٥	٠,٩٣	
٩	٤٠٠	١,٢٢		١,٩١	١٨,٧١	١٧,٤٩	١٦,٤٠	١,٠٩	
١٠	٤٥٠		٢,٣٠			١٦,٤١	١٦,١٥	٠,٢٦	
ب - ١١	٥٠٠			٣,٨٥		١٤,٨٦	١٥,٩٠		١,٠٤
		٧,٦١		١١,١٥					

خط الكنتور:

يعرف خط الكنتور بأنه عبارة عن أثر تقاطع مستوي أفقي وهمي ذي منسوب معين مع سطع الأرض ومنسوب خط الكنتور هو منسوب المستوى القاطع. فمثلا خط كنتور (٢٠) هو الخط الذى يصل النقط ذات المنسوب (٢٠) ، والخرائط التى يتبين فيها مناسيب النقط بخطوط الكنتور تسمي الخرائط الطبوغرافية أو الكنتورية ، وغالباً تكون خطوط الكنتور ذات مناسيب صحيحة . فمثلاً إذا فرض وجود مرتفع كما فى شكل (١١٩) وقطع بعدة مستويات أفقية مناسيبها ١٠ ، ٩، ٨ ، ٧ ، وهكذا فينتج لنا خط كنتور ١٠ وخط كنتور ٩ وخط كنتور ٨ ويقال فى هذه الحالة أنه لدينا فاصل رأسى مقداره متراً واحداً ويعرف هذا الفاصل الرأسى بالفترة الكنتورية.



شكل رقم (١١٩)

الفترة الكنتورية:

هى البعد الرأسي بين كل خطى كنتور متتاليين - وهناك عدة عوامل تحدد قيمة الفترة الكنتورية أهمها:

١- المساحة - فكلما كانت المساحة كبيرة كانت الفترة الكنتورية كبيرة نسبياً .

٢- الغرض الذى من أجله ستستخدم فيه الخريطة الكنتورية فإذا كان الغرض من عمل خطوط الكنتور هو تسوية أرض زراعية أو حساب المكعبات منها كانت الفترة الكنتورية صغيرة.

٣- الوقت المحدد لعمل الميزانية وتكاليفها - فتكبر الفترة الكنتورية كلما كان الوقت المحدد لعمل الميزانية قصيراً.

٤- طبيعة المنطقة - فإذا كانت المنطقة ذات ارتفاعات أو انخفاضات كثيرة قلت الفترة الكنتورية وتعرف الأرض حنيئذ بأنها ذات طبوغرافية شديدة.

٥ مقياس رسم الخريطة - فيجب اختيار الفترة الكنتورية بحيث لا تختلط خطوط الكنتور ببعضها.

خواص خطوط الكنتور:

١- جميع النقط الواقعة على خط كنتور معين ذات منسوب واحد ثابت هو منسوب الخط.

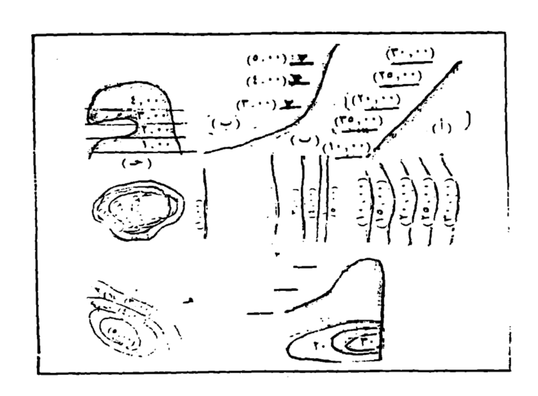
٢- إذا كانت أبعاد خطوط الكنتور عن بضعها متساوية دلت علي أن الأرض منتظمة الميل (شكل ١٢٠).

٣- تتفاوت خطوط الكنتور فى الانحدارات الشديدة وتتباعد فى الأراضى السهلة الانحدار (شكل ١٢٠) .

٤- لا تتقاطع الكنتور إلا نادراً فى حالة الكهوف مثلاً أو وجود تجويف (شكل ١٢٠)

٥- تتماس خطوط الكنتور فى نقطة واحدة أو خط واحد ويكون ذلك في حالة انخفاض أو ارتفاع رأسى كما فى حالة الجروف (شكل ١٢٠).

٦- جميع خطوط الكنتور يجب أن تكون مقفلة حتى ولو كان ذلك خارج اللوحة إذ أن خط الكنتور لا ينتهى (شكل ١٢٠) .



شكل رقم (١٢٠)

عمل مشروع خريطة كنتورية:

خطوات تنفيذ مشروع عمل خريطة كنتورية:

أولاً : عمل الميزانية الشبكية :

هناك عدة طرق لعمل الميزانية الشبكية وأهمها :

(أ) طريقة المربعات أو المستطيلات.

(ب) طريقة المحور.

١- طريقة المربعات أو المستطيلات:

وفيها تقسم الأرض إلى مربعات متساوية أو مستطيلات ولذلك تحصر القطعة داخل محيط مضلع أضلاعه عمودية على بعضها وتغرس شواخص المحيط على

أبعاد متساوية من بعضها وتقام أعمدة منها على أضلاع المحيط وتكون مربعات أو مستطيلات ، ثم يبدأ بعمل الميزانية لتعين منسوب كل نقطة ويدون بجوار مسقطها الأفقى ويختار طول الضلع عادة ٤٠ ، ٥٠ متراً فى الأراضى الزراعية أما فى أراضى البناء المراد ردمها فيختار طول الضلع عادة ٥ أو ١٠ أو ٢٠ متراً.

ب - طريقة المحور:

يثبت محور مستقيم فى وسط الأرض ويميز بأوتاد وشواخص ثم تقام أعمدة على المحور كل ٤٠ أو ٥٠ متراً إذا كان ميل الأرض منتظماً أو تقام هذه الأعمدة عند كل نقطة يختلف فيها انحدار الأرض ثم تشكل قطاعات عرضية عمودية على المحور ثم نأتى بمناسيب المحور ومناسيب النقط التى يتغير فيها انحدار الأرض على القطاعات العرضية.

ثانياً - توقيع النقط ومناسيبها على الخريطة:

توقع النقط بأبعاد علي الخريطة بمقياس الرسم المطلوب وتحسب مناسيبها من أقرب روبير أو من نقطة معلوم منسوبها ويمكن اختيار أكثر من نقطة دوران إذا أريد وضع الميزان فى أكثر من وضع.

ثالثاً - رسم خطوط الكنتور:

هناك عدة طرق لرسم خطوط الكنتور أهمها:

١- الطريقة الحسابية:

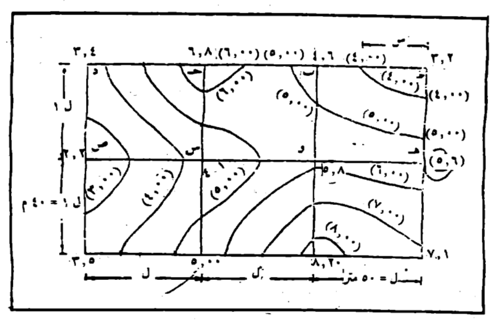
بفرض أن المطلوب هو رسم خطوط الكنتور بفترة كنتورية قدرها ١ متر للمنطقة التى أجريت لها ميزانية شبكية والمبينة فى شكل (١٢١) ، لذلك يأخذ كل خط من خطوط الشبكية على حدة ونعتبر أن سطح الأرض على امتداده ذو انحدار ثابت وعلى هذا تحدد مواقع النقط ذات المناسيب الثابتة (أى التى

منسوبها ١ متر ، ٢ متر ، ٣ متر ، ...) وعلى سبيل المثال فالخط أ ب والذى منسوب نقطة أ عليه هو ٣٫٢ م ومنسوب نقطة ب هو ٤٫٦ م هناك نقطة منسوبها ٤٫٠ تقع على الانحدار الثابت بين أ ، ب . ولتعين بعد هذه النقطة الأفقى س من نقطة أ (النقطة ذات المنسوب الأقل) نأتى بفرق المنسوب بين نقطتى أ ، ب وليكن ع وكذلك فرق المنسوب بين النقطة المطلوب تعيينها (منسوب ٤٫٠) وبين أوطى نقطة (نقطة أ) وليكن ع١ وبذا فإن :

$$\frac{ع_1}{ع} = \frac{س}{ل}$$

أى أن:

$$س = \frac{ع_1}{ع} \cdot ل \qquad (٦١)$$



شكل رقم (١٢١)

وبذا يمكن تحديد موقع النقطة ذات المنسوب الصحيح. أما إذا كان الخط عليه أكثر من نقطة مثل الخط ب جـ الذى يمثل انحداراً ثابتاً تقع عليه النقط ذات مناسيب ثابتة ٥ر٠٠ ، ٦ر٠٠٠ فإنه تحسب مسافتين س ، س٢ من المعادلة (٦١) لتحددان بعد النقطتين عن النقطة ذات المنسوب الأقل.

بعد الحصول علي كل النقط ذات المناسيب الثابتة فى الشبكة نصل بين النقط ذات المناسيب الواحدة لنحصل على خط الكنتور الذى يمثلها مع مراعاة خواص خطوط الكنتور عند توصيل النقط. وعادة إذا بدأنا بنقطة ذات منسوب معين على أحد خطوط الشبكة فإننا نبحث عن نقطة لها نفس المنسوب فى أحد الخطين المجاورين لنصلها بها، إما إذا لم نجد فإننا نبحث على نقطة لها نفس المنسوب في الضلع المقابل لنصلها بها ففى شكل (١٢١) بعد أن حددنا موقع النقطة التى منسوبها (٤ر٠٠) على الخط أ ب وجدنا أن هناك نقطة أخرى لها نفس المنسوب علي الخط المجاور أ هـ وصلت بها . وعلى الخط أ هـ أيضا كان هناك نقطة أخرى منسوبها (٥٠٠) ، وبالبحث عن نقطة ذات منسوب (٥ر٠٠) على الأضلاع المجاورة لم نجد ، لذلك وصلت هذه النقطة بنقطة لها نفس المنسوب على الضلع المقابل ب و وبالمثل وصلت جميع النقط المتناظرة فى الشبكة للحصول على جميع خطوط الكنتور كما هو موضح فى شكل (١٢١).

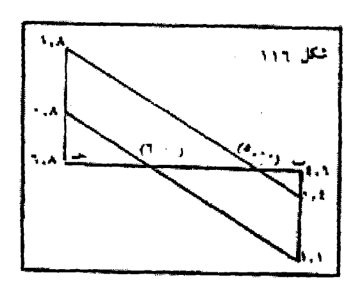
والطريقة الحسابية لتحديد مواقع النقط ذات المنسوب الثابت على الشبكة تناسب الشبكات الصغيرة ذات العدد المحدود من المربعات أو المستطيلات أما إذا زاد العدد فتستخدم الطرق البيانية والميكانيكية ولو أن وجود الحسابات الالكترونية البسيطة سهلت الطريقة الحسابية.

٢- الطريقة البيانية (طريقة النسبة والتناسب)

يمكن يعيين النطقة ذات منسوب ٤ر٠٠ على الضلع أ ب وذلك بالرسم مباشرة باعتبار أن أ تنخفض عن النقطة ذات منسوب ٤ر٠ بمقدار ٨ر٠ متر والنقطة ب ترتفع عن النقطة ذات منسوب ٤ر٠٠ بمقدار ٦ر٠ متر . فلو أخذنا أى خط بنفس طول أب (ويمكن أخذ الخط أ ب نفسه) وأقمنا من بدايته وعند نقطة أ عموداً بطول يناظر ٨ر٠ متراً بأى وحدات من أسفل (انخفاض) ثم من ب عموداً آخر

بطول ٦و. متراً بأى وحدات إلى أعلى (ارتفاع) ووصلنا بين نهايتى العمودين فإن الخط الناتج سيقطع الضلع أ ب فى النقط ذات منسوب ٠٠ر٤ وشكل (١٢٢) يبين كيفية الحصول على النقطة ذات مناسيب ٠٠ر٥ ، ٠٠ر٦ على الخط ب جـ .

وهذه الطريقة تعتبر أسرع من السابقة وإن كان يعيبها كثرة الخطوط المرسومة على الشبكة مما يشوه شكلها.

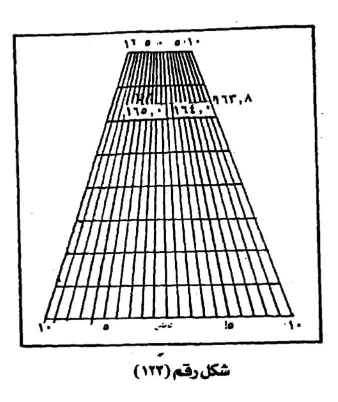


شكل رقم (١٢٢)

٢-طريقة الشفاف (الطريقة الميكانيكية) :

تتلخص هذه الطريقة فى أننا نرسم مثلث متساوى الساقين مثلاً ونقسم قاعدته إلى أجزاء متساوية كبيرة (أربعة مثلاً) كما فى شكل (١٢٣) وذلك على ورقة شفاف أو كلك ثم نقسم كل قسم بدوره إلى عدد من الأقسام الصغيرة المتساوية وليكن خمسة أقسام - ثم نصل نقط التقسيم برأس المثلث المقابلة مع تمييز الأقسام الكبيرة بخطوط متقطعة أو سميكة.

ونرسم متوازيات للقاعدة وتستحسن أن تكون على مسافات متساوية ، ولتعيين المناسيب بهذه الطريقة نتبع الآتى:



شكل رقم (١٢٢)

١- نفرض أن لدينا خط أ ب حيث منسوب أ (١٦٣٫٨) متراً ومنسوب ب (١٦٥٫٢) متراً ، والمطلوب هو تعيين نقطتين على أ ، ب منسوبها (١٦٤٫٠٠٠) ، (١٦٥٫٠٠) متراً.

نلاحظ أن الفرق بين المنسوبين أ ، ب هو ١٫٤ متراً أي ١٤ وحدة ونعتبر أن كل وحدة تقابل قسماً صغيراً من أقسام المثلث الشفاف.

٢- نضع المثلث الشفاف ونجعل الخط الواصل بين النقطتين أ ، ب موازياً للقاعدة ، ونحرك المثلث الشفاف بشرط أن نحافظ على موازاة أ ، ب والقاعدة حتى يحصر الخط أ ب ١٤ مسافة من مسافات المثلث.

٣- نضع دبوس على بعد قسمين من أ فتتعين النقطة ذات منسوب (١٦٤٫٠٠٠) ونضع دبوس على قسمين من ب فتتعين النقطة ذات المنسوب (١٦٥) كما في شكل (١٢٣) ، وذلك لأن نقطة أ تنخفض ٠٫٢ متر عن النقطة ذات المنسوب (١٦٤٫٠٠٠) في حين أن النقطة (ب) ترتفع بمقدار ٠٫٢ متر عن

النقطة ذات منسوب (١٦٥,٠٠).

٤- يمكن الإستعاضة عن المثلث المقسم بشبكة خطوط متوازية وتتعين نقط الكونتور المختلفة مثل جـ ، د فى المثال السابق وذلك بجعل نقطة الصفر تقع على أ مثلاً ونذير الورقة الشفاف حتى تمر نقطة ب بالخط الذى يعين القسم ١٤ فتكون نقطة كونتور (١٦٤,٠٠) جـ على القسم الثاني وكونتور (١٦٥,٠٠) د على القسم الثانى عشر ابتداء من نقطة الصفر.

رسم القطاعات من خطوط الكونتور:

إذا قطعت خطوط الكونتور فى أى خريطة كونتورية بمستوى رأسى فإنه يمكن رسم شكل القطاع الناتج وذلك بمعرفة المسافات الأفقية بين نقط تقاطع المستوى مع خطوط الكونتور من الخريطة وبمعرفة مناسيب خطوط الكونتور وتستعمل نفس القواعد والمقاييس كالتي استخدمت فى تشكيل ورسم القطاعات الطولية كما هو مبين فى شكل (١٢٤).

استعمالات خطوط الكونتور:

تستعمل خطوط الكونتور فى أغراض شتى لتخدم القطاعات الهندسية والزراعية وأهم استعمالات خطوط الكونتور هى:

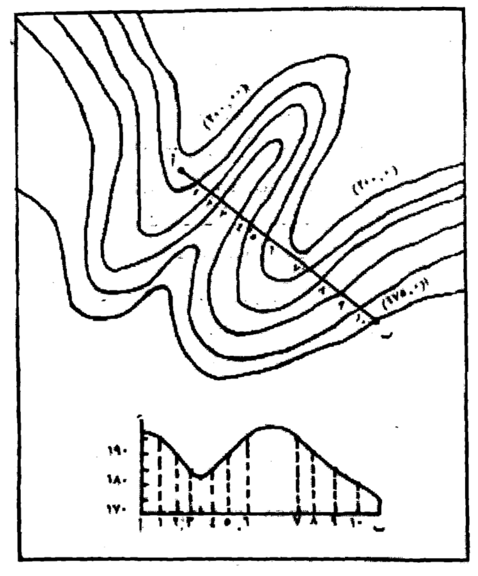
١- الحصول على قطاعات من الخريطة مباشرة لاستخدامها فى دراسة وتخطيط المشروعات المختلفة.

٢- تعيين كميات الأتربة وسعة الخزانات وأماكن السدود ومواقع الخزانات.

٣- تخطيط الترع والمصارف - فتوضع مثلاً الترع فى الأماكن العالية والمصارف فى الأماكن المنخفضة.

٤- تستعمل فى عمليات تسوية الأراضى للري والزراعة.

٥- تستعمل فى تعيين ميول سطح الأرض وفى تحديد محاورالطرق والترع والمصارف ذات الميول الثابتة المطلوبة.



شكل رقم (١٢٤)

مصادر الأخطاء في الميزانية:

تتعدد الأخطاء في عمل الميزانية ، وهذه الأخطاء متنوعة فمنها أخطاء منتظمة وأخطاء غير منتظمة وتسمى أخطاء عرضية ومصادر هذه الأخطاء كثيرة وأهمها:

(أ) الأخطاء الناتجة من الأجهزة المستخدمة في الميزانية (الميزان ، والقامة).

(ب) الأخطاء الناتجة من استعمال هذه الأجهزة.

(جـ) الأخطاء الناتجة من طريقة رصد وتدوين النتائج.

(د) الأخطاء الناتجة عن العوامل الطبيعية التى تؤثر في نتائج الميزانية.

ويمكن تلخيص جميع هذه الأخطاء فى النقاط الآتية:

١- أخطاء الميزان وينتج ذلك من عدم ضبطه ضبطاً دائماً أو مؤقتاً.

٢- أخطاء وضع الميزان وذلك بمسك الحامل أثناء القراءة أو تغيير موضع الفقاعة فى ميزان التسوية.

٣ - أخطاء وضع القامة حيث يؤدى عدم رأسية القامة إلى القراءة الخطأ.

ويؤدى وضع القامة فى أرض رخوة بدون قاعدة حديدية إلى اختلاف قراءات القامة خاصة عند نقط الدوران.

٤- أخطاء القراءة على القامة.

٥- أخطاء التدوين فى جدول الميزانية.

٦- تأثير انكسار الأشعة نتيجة لاختلاف درجات الحرارة وكثافة الهواء فى الطبقات الهوائية المختلفة القريبة من سطح الأرض.

٧- ارتفاع درجة الحرارة للجهاز نتيجة سقوط أشعة الشمس علي جهة واحدة من الجهاز.

تطبيقات على الميزانية:

إن معظم الصعوبات التى تعترض خط النظر يمكن التغلب عليها بالالتفاف حولها مثلاً ولكن هناك بعض الصعوبات التي تصادفها فى أعمال الميزانية يمكن التغلب عليها بطرق عملية خاصة وفيما يلى بعض الأمثلة.

١- اعتراض بحيرة أو مستنقع خط الميزانية:

إذا كانت المياه ساكنة وليس فيها أمواج وكانت من السعة بحيث لا يمكن رصد شاطئ من الآخر ولكنها فى نفس الوقت ذات سعة صغيرة نسبياً ، فنأتى بمنسوب سطح الماء بوضع قامة على سطحه ثم ننتقل إلى الشاطئ الآخر. تبتدئ الميزانية بوضع قامة على سطح الماء المعلوم منسوبه من الشاطئ الآخر أى أن سطح الماء يعتبر كنقطة دوران ، نأتى بمنسوب سطح الميزان ونستمر فى الميزانية.

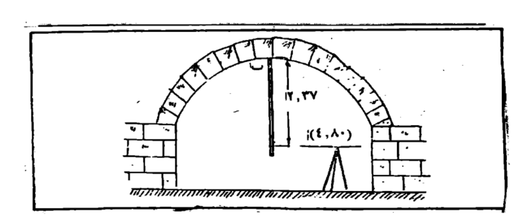
الواقع أن هذا غير دقيق لأن سطح الماء مهما كان هادئا فلا بد من وجود بعض الاختلاف.

عمل ميزانية علي تل شديد الانحدار:

عند عمل ميزانية على تل صعوداً أو هبوطاً يجب تجنب الأرصاد القصيرة جداً بين نقط الدوران وذلك بوضع الميزان على جانبى الخط ، فنسير فى خط منكسر حتى توازن ما أمكن بين أطوال المقدمات والمؤخرات.

٢- مناسيب نقط مرتفعة عن سطح الميزان:

مثال ذلك إيجاد منسوب نقط فى سقف قبو أو كوبرى شكل (١٢٥) توضع القامة مقلوبة وصفرها ملامساً للنقطة المراد إيجاد منسوب بها . تجمع القراءة



شكل رقم (١٢٥)

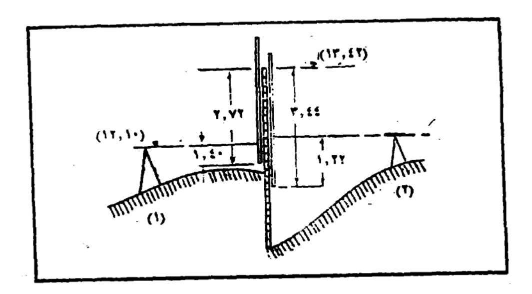
على منسوب سطح الميزان بدلاً من طرحها منه كما هو معتاد . وإذا كانت هذه النقطة فى جدول ميزانية فإن القراءة عليها توضع بإشارة (-) أمامها ، فمثلاً إذا كان منسوب سطح الميزان ٤٫٨٠ متراً والقراءة ٢٫٣٧ فإن منسوب نقطة القبو (ب) = ٤٫٨٠ - (-٢٫٢٧) = ٧٫٠٧ متر شكل (١٢٥) .

٤- العقبات فى طريق الميزانية كالأسوار:

نفرض أننا داخل مصنع محاط بالأسوار ولايمكن النظر خلالها شكل (١٢٦) . إذا أردنا الاستمرار في الميزانية داخل المصنع إلي خارج الأسوار مع التوفير في الوقت و العمل فنجري ما يلي :

ندق مسمار في الحائط قرب أسفلها ويكون بارزاً أو نضع حافة سكين داخل فواصل الطوب. نضع القامة فوق المسمار أو السكين ونعتبرها مقدمة لآخر وضع فى الميزانية ونفرض أن منسوب سطح الميزان كان ١٢٫١٠ وأن القراءة على القامة = ١٫٤٠ متر وارتفاع السور من المسمار حتى قمة السور = ٢٫٧٢ متراً.

منسوب قمة السور = ١٢٫٢٠ - ١٫٤٠ + ٢٫٧٢ = ١٣٫٤٢ م.



شكل رقم (١٣٦)

نأخذ الميزان خارج السور في الوضع (٢) ونكرر ما سبق ونفرض أن قراءة القامة كانت ١٫٢٣ م وارتفاع قمة السور من المسمار = ٣٫٤٤ م

منسوب سطح الميزان = ١٣٫٤٢ - ٣٫٤٤ + ١٫٢٢ = ١١٫٢٠ م

وبهذا يمكن الاستمرار في عمل الميزانية خارج الأسوار.

الميزانية العكسية (Reciprocal Levelling):

عند عمل ميزانية عبر نهر أو وادي عميق أو منخفض نجد أنه لا يمكن مطلقاً وضع الميزان في منتصف المسافة بين المقدمة والمؤخرة. وفي هذه الحالة نتبع طرق خاصة في الرصد تسمى (الميزانية العكسية) نتخلص فيها من:

١- تأثير الكروية والانكسار ، وخاصة في المسافات الكبيرة حيث يظهر تأثير هذه العوامل فإن تأثير الكروية في مسافة كيلومتر واحد تساوي خمسة سنتيمترات تقريباً ، وهو مقدار كبير لا يمكن إهماله.

٢- الأخطاء في الميزان.

٣- التغيرات في معامل الإنكسار مع الوقت.

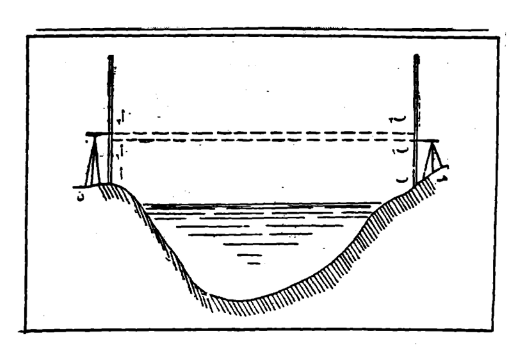
الطريقة - استعمال ميزان واحد:

لأيجاد الفرق بين منسوبي النقطتين أ ، ب شكل (١٢٧) نجري الخطوات الآتية:

١- نضع الميزان في نقطة مثل ن قريباً من أ ونأخذ القراءة علي كل من أ ، ب ولتكن القراءتين $أ_١$ ، $ب_١$.

٢- ننتقل بالجهاز عبر العائق ونثبت الجهاز فوق هـ قريباً من ب ونأخذ القراءات على أ ، ب ولتكن $أ_٢$ ، $ب_٢$ على الترتيب . يراعى في الخطوتين السابقتين أن ب أ = هـ ب وتكون كل منهما صغيرة بقدر الإمكان.

٣- نحسب الفرق بين القراءتين في كل حالة. وقد يتساوى الفرقان أو لا يتساويان ، وقد يكون أحدهما أو كلاهما خطأ نتيجة للخطأ في الجهاز وتأثير



شكل رقم (١٢٧)

الكروية والإنكسار. نأخذ متوسط الفرق فى الحالتين نحصل على الفرق الحقيقى بين منسوبى أ ، ب لأن الأخطاء تلاشى بعضها.

$$\text{الفرق الحقيقي بين منسوبي أ ، ب} = \frac{(\text{أ}_1 - \text{ب}_1) + (\text{أ}_2 - \text{ب}_2)}{2} \qquad (62)$$

عيوب هذه الطريقة:

١- قد لا يضيع تأثير الإنكسار لسرعة تغيره فقد يتغير أثناء نقل الميزان فيكون الإنكسار عند رصد أ ، ب من ن غيره عند رصد أ ، ب من هـ .

كيفية زيادة دقتها:

١- استعمال قامتين حتى لا يضيع وقت كبير أثناء الانتقال لنقطة الأخرى.

٢- أخذ قراءات على النقطة البعيدة فى فترات مختلفة ثم أخذ المتوسط مدى

استعمال هذه الطريقة:

٣- تستعمل لمسافات حتى ١٥٠ متراً تقريبا.

الطريقة الثانية - استعمال ميزانين:

١- يوضع ميزان فى ن وآخر فى هـ ثم تؤخذ القراءات من الوضعين فى آن واحد ولتكن القراءات من الميزان الأول $أ_{١}$ $ب_{١}$ ومن الميزان الثانى $أ_{٢}$ ، $ب_{٢}$.

نأخذ المتوسط كما سبق.

ميزة هذه الطريقة:

١- الرصد فى آن واحد من الميزانين يضيع تأثير الانكسار لأنه سيكون واحداً فى الحالتين ولا يكون هناك تغير في الظروف الجوية.

عيوب الطريقة:

من الجائز أن يكون بأحد الجهازين به خطأ فى خط النظر والآخر ليس به خطأ أو لا يكون الخطأ متساوى فى الجهازين وبذا فإن أخذ المتوسط لا يضيع الخطأ ، بعكس الطريقة الأولى.

الطريقة الثالثة - الطريقة المثلى:

تستعمل إذا زادت المسافة عن ١٥٠ متراً ، وتستعمل للجمع بين مزايا الطريقتين السابقتين والتخلص من عيوبهما.

١- نستعمل ميزانين للرصد فى آن واحد وقامتين كما سبق ثم نتبادل مكانى الميزانين ويرصد القامتين مرة أخرى فى آن واحد فتكون القراءات فى المرة الأولى $أ_{١}$ ، $ب_{١}$ ، $أ_{٢}$ ، $ب_{٢}$ أما فى المرة الثانية بعد تبادل الأجهزة فتكون $أ_{٣}$ ، $ب_{٣}$ ، $أ_{٤}$ ، $ب_{٤}$.

٢- يحسن أن تكون قوة وحساسية ميزان التسوية فى الجهازين متساوية تقريباً.

$$\text{الفرق الحقيقي بين المنسوبين} = \frac{(أ١ - ب١) + (أ٢ - ب٢) + (أ٣ - ب٢) + (أ٤ - ب٤)}{٤} \quad (٦٣)$$

تثبيت المناسيب:

إن تثبيت المناسيب عملية كثيراً ما تجرى في مواقع المشروعات والأعمال الهندسية ، خاصة في مشروعات الطرق والسكك الحديدية والمصارف ويعين أى منسوب مطلوب بموضع أو قمة أو رأس وتد يدق في الأرض حتى نرصد القراءة الصحيحة على قامة فوق رأس الوتد.

تعين منسوب سطح الميزان بالطريقة المعتادة ونحسب القراءة الواجب قراءتها على القامة الموضوعة فوق الوتد للحصول على المنسوب المطلوب ، وذلك بطرح المنسوب المطلوب من سطح الميزان ، ويدق الراصد فوق الوتد حتى نحصل على القراءة المحسوبة ، وقد نضطر لرفع الوتد إلى أعلا للحصول على المنسوب المطلوب.

مثال:

وضع ميزان فوق نقطة أ ثم أخذت القراءة على قامة موضوعة فوق نقطة في شارع فكانت = ٢٫٣٠ م يراد تعيين نقطة ب على بعد ١٠٠ م من أ بحيث يكون الانحدار ١ : ٥٠ إلى أعلى.

الحل:

فرق المنسوب = $\frac{١}{٥٠}$ × ١٠٠ = ٢٫٠٠ م

القراءة الواجبة على ب = ٢٫٣٠ - ٢٫٠٠ = ٠٫٣٠م

يدق وتد في ب وتوضع فوقه قامة ويرفع أو يخفض الوتد حتى تصبح القراءة = ٠٫٣٠م

مسائــل

١- أخذت القراءات الآتيـة فى ميزانيـة من روبير منسوبه (-١٫٨٤) بقصد إيجاد المناسيب على القطاع الطولى لمحور مشروع من أ إلى ب.

الوضع الأول للميـزانيـة : ٠٫٩٤ ، -٠٫٦٦ و -٠٫٤٤ و الوضع الثانى: ٠٫٧٤ ، -٢٫٨٧ . الوضع الثالث للميـزان : ٠٫٩٢ - ٠٫١٠ ، -٢٫٤٤ الوضع الرابع : صفر، -٣٫٤٢ عين مناسيب النقط المختلفة فى جدول كامل للميزان وحقق العمل حسابياً.

٢- أخذت قراءات القامة التالية فى ميزانية طولية:

المؤخرات هى	١,٦٤٦	٢,١٩٩	٣,١٦٤	١,٧٤٤
المتوسطات هي	٢,٤٢٢	٣,٤٨٤	٢,٨٦٤	
المقدمات	٣,٥١١	١,١٧٤	٢,٢٨٨	٢,١٦٤

عين مناسيب النقط المختلفة فى جدول الميزانية بطريقة سطح الميزان إذا كان منسـوب النقطة الأخيـرة هو ٢٫٨٧٦ وأن القراءات على النقط الثانية والثالثة والخامسة متوسطات . حقق العمل الحسابى.

٣- أخذت القراءات الآتية للقامة بقصد تعيين مناسيب النقط المختلفة على قطاع طولى فكانت:

١,٦٥ (٢,١٠) ٢,١٠ ١,٧٠ (١,٥٠) ١,٨٢ ٢,٣٤

(٣,٢٥) ٣,٤٨ ٢,١٥ (١,٣٢) ٢,٤٧ ٣,٧٥

فإذا كانت القراءات بين الأقواس هى مقدمات وكان منسوب النقطة الرابعة هو (٥٫٦٥) متـراً - عـين مناسـيب النقط على طول القطاع بطريقـة الارتفـاع والانخفاض مع تحقيق العمل الحسابى.

٤- بعد بناء أحدى المبانى الضخمة حدث ترخيم فى سقف الدور الأرضى عند المنتصف تقريباً نتيجة لخطأ فى التصميم. بين كيف تعين بدقة قيمة هذا الترخيم مستعملاً أى أدوات تريدها مع شرح خطوات العمل .

٥- من ثلاثة أوضاع للميزان أخذت قراءات القامة على قطاع طولى لتعيين مناسيب نقطه المختلفة فكانت :

الوضع الأول :	١,٢٥	٢,٧٥	٣,٨٤	٢,١١	
الوضع الثاني :	٠,٣٨	١,٤٧	٢,١٤	٣,٦٢	٢,٨٢
الوضع الثالث :	١,١٩	١,١٣	١,٧٣	صفر	٢,١٦

فإذا كان منسوب النقطة الرابعة هو (١٧٫٥٠) متر فعين فى جدول للميزانية مناسيب نقط القطاع مستعملاً طريقة فرق الارتفاع . حقق العمل الحسابى.

٦- عملت سلسلة ميزانية لتعيين منسوب روبير ب ابتداء من روبير أ منسوبه (٢٨٫٤٠) وكانت القراءات هى:

٠,٥٢	٠,٩٧	١,٤١	١,٥٩	٠,٩٢	٠,٤٨	٠,١٢
٠,٤٤	٠,٥٠	٠,١٩	٠,٨٢	٠,٩١	٠,٢٢	١,٣٠

وكانت النقطة الثالثة والخامسة والسابعة والتاسعة نقط دوران فما هو منسوب الروبير ب.

الجواب (منسوب ب = ٢٤٫٨٦)

٧- أخذت القراءات الآتية فى ميزانية (-١٫٧٧) ، ١٫٤١ ، (-٣٫٩٤) (-٠٫١٦) ، ٣٫٨٤ ، ٠٫١٤٥ ، ١٫٩٥ (-٠٫١٨) ، ٢٫١١ ، (-٢٫١٤) ١٤٫٠، ١٫٦٥.

فإذا كانت النقطة الثانية والخامسة والسادسة نقط دوران ومنسوب النقطة الأخيرة (-٦٨ر٠) فما هى مناسيب النقط الأخرى مستعملاً طريقة سطح الميزان مع تحقيق العمل فى جدول ميزانية كامل . استعمل مرة أخري الارتفاع والانخفاض.

٨- عند إجراء ميزانية طولية كانت قراءات القامة هى:

٢,٥١ ١,٦٧ ١,٩٨ ١,٣٧ ٣,٣٠ ٣,٣٥ ٢,٠٠

١,٦٢ ٣,٤٥ ٢,٣٠ ٢,٩٠ ٢,٥٠ ٢,٧٨ ٢,٤٨

٣,٣٨ ١,٦٧ ٠,٩٤ ٢,٥٥

وكان الميزان قد نقل بعد القراءة الثانية والخامسة والتاسعة والحادية عشر والرابعة عشر والسادسة عشر وكان منسوب النقطة السادسة هو (٠٩ر١٦). عين مناسيب النقط المختلفة وحقق العمل.

٩- أجريت ميزانية طولية على أرض تنحدر فى اتجاه واحد فكانت القراءات هى:

٠,٨٥ ١,٣١ ٣,١٢ ٣,٧٨ ٠,٧٧ ١,٥٦ ١,١٤

٣,٥٦ ٠,٧٤ ١,٤٨ ٢,٠٦ ٣,٣٥ ٠,٨٥ ١,٥٥

٢,٤٢ ٢,٩٨ ٣,٥٥

احسب مناسيب النقط المختلفة إذا كانت النقطة الرابعة ذات منسوب (-٠٨٠ر١٠)

١٠- أخذت القراءات الآتية فى ميزانية فكانت ٦٥ر١ ، - ٦٧ر١ ، (٤٠ر٢)، ٣٥ر١ ، ٦٧ر٣ ، ٤٤ر١ ، (٦٦ر٣) ، ٨٦ر١ ، (٠٧ر-) ، (٦٤ر١) (٢١ر١)، س ، ٦٧ر٢ ، ٣٠ر١ ماهى القراءة س الواجبة لتكون فى منسوب رابع

نقطة مع العلم بأن منسوب أول نقطة = (-٢٫٥٧) والقراءات بين القوسين مؤخرات حقق العمل الحسابي عند استخدام طريقة سطح الميزان .

١١- دون نتائج الميزانية الآتية في جدول واستنتج مناسيب النقط مع العلم بأن منسوب أول نقطة ٢٢٫٧٥ متراً - وأن القراءات المدونة بين القوسين مؤخرات:

١٫٥٢ ، ١٫٨٥ ، ٢٫١٧ ، ٢٫٤٢ ، (٢٫٦٥) ، ٢٫١٥ ، ١٫٩٧ ، ١٫٥٢ ، ١٫٦٤ ، ١٫٧٧ ، ٢٫١٦

استعمل طريقة سطح الميزان وحقق العمل الحسابي.

١٢- وضع ميزان دمبي في منتصف المسافة بين قامتين فكانت القراءتين على القامتين هما ٣٫٧٦٥ متراً ، ٢٫٨٣٣ متراً ثم نقل الميزان ووضع بجوار القامة الأولي وأخذت القراءتين للقامة فكانت ٣٫٣٧٥ متراً ١٫٩٤٥ ما هي قراءة القامة الصحيحة عند النقطة الثانية وارسم خط النظر للمنظار في الحالتين.

الجواب (القراءة هي ٢٫٣٠٧ متراً).

١٣- القراءات الآتية أخذت في أرض تتوسطها بركة من المياه وكانت القراءات السابعة والثامنة والتاسعة عبارة عن جسات وكان الميزان قد نقل بعد القراءة الرابعة والسادسة والعاشرة المأخوذة من سطح الميزان وكان منسوب النقطة الخامسة (منسوب سطح ماء البركة) ثلاثة أمتار تحت سطح البحر.

عين مناسيب النقط المختلفة بما في ذلك نقط الجسات.

٢,٧٦ ٣,٦٤ ٢,٨٤ ٠,١٨ ١,٧٧ ١,٢٨ ٢,٤٤ ٣,١٨

٢,٢٢ ١,٠١ ١,٢٣ ٠,٢٧ ١,٨٨ ٠,٩٦ ٠,٩٨ ٣,٠٤

٠,٧٦

١٤- عند إجراء ميزانية طولية على قطاع طولى كانت قراءات القامة:

٣,١١   ٢,٥٨   ١,٩٧   ٢,٠٨   ٢,٨٥   ١,٥٩   ١,١٢

٢,٩٥   ٠,٨٤   صفر   صفر   ١,١٨   ١,٢٤   ٠,٤٤

٠,٢٣   ١,١٣   ١,٨٧

وكان الميزان قد نقل بعد القراءات الرابعة والسادسة والعاشرة والرابعة عشر - عين فى جدول للميزانية مناسيب نقط القطاع إذا كان منسوب النقطة الخامسة هو متران تحت سطح البحر - وإذا أريد تسوية هذا القطاع بحيث يميل ½٪ إلى أسفل مع ثبات منسوب النقطة الرابعة فى الميزانية - فعين فى نفس الجدول ارتفاع الحفر والردم إذا كانت نقط القطاع تتباعد ٤٠ متراً بعضها البعض.

١٥- القراءات الآتية أخذت فى ميزانية طولية على محور طريق:

٢,٠١   ١,٢٧   ١,٤٨   ٠,٩٨   ٠,١٨   ٢,٨٥   ١,٥٠   ١,١٢

١,٨٤   ١,٢٣   ٢,٩٥   ٠,٠٠   ٢,٣٠   ٢,٢٨   ٢,٩٨   ٢,٠٠

فإذا كان منسوب أول نقطة هو (٢٣,١١) فاحسب مناسيب النقط المختلفة بطريقة يمكننا التحقيق بها مناسيب النقط الثالثة والخامسة والسابعة والتاسعة على أن النقطة الثانية والرابعة والسادسة والثامنة كانت نقط دوران.

١٦- لعمل قطاع طولي أخذت القراءات التالية على نقط القطاع.

٢,١٥   ٠,٧٥   ٣,١٤   ١,١٢   ٠,١٨   ١,٤٣   ٢,١٤

٣,٢٢   ١,٨٢   ٢,٤٥   ١,١٣

وكان الميزان قد نقل بعد النقط الثالثة والرابعة والسابعة من نقط المشروع التى تتباعد عن بعضها بقدار ٣٠ متراً- احسب مناسيب النقط لو كان منسوب أول نقطة هو ٢٦ر٣٨ - ارسم القطاع الطولى مبينا عليه الأرض الطبيعية وخط الإنشاء لطريق يميل $\frac{١}{٢}$٪ إلى أعلى منسوب أوله ٢٥ر٥٠ - وعين ارتفاع الحفر والردم اللازمين لإتمام هذا الطريق.

١٧- *أخذت القراءات الآتية فى ميزانية :*

-١ر٩٧٠ ، ١ر٠٤٤ ، ٠ر٧٠٦ ، ٠ر٤٦٧ ، -٠ر٣١٥ ، (٠ر٢٨٧) ،
-١ر١٦٣ ، ٠ر٩١٨ ، ٠ر٧٠٥ ، -٠ر٤٢ ، (٠ر١٠٠) ، ١ر١٨٤ ، -٠ر٩٢٢ ،
-٠و٦٠٧ ، ٠ر٤٣١ ، (١ر٠٨٢) ، ٠ر٢١٧ ، (١ر٢٠٧) ، ٠ر٢١٩ ، ١ر٢٠٦ ،
فإذا كانت القراءات بين القوسين مقدمات:

أ - أوجد مناسيب النقط بطريقة الارتفاع والانخفاض.

ب- ارسم القطاع بمقياس ١: ١٠٠٠ الأفقى ، ١ : ٥٠ للرأسى.

جـ - بين على القطاع خط إنشاء انحداره ٤٪ إلى أعلى من منسوب ٢ر٠٠ ابتداء من مسافة صفر وبين مقدار الحفر أو الردم عند كل وتد علماً بأن أول نقطة كانت روبير رقم (١) ومنسوبه ١ر٥٢ وأول نقطة على المشروع هى النقطة التالية للروبير، والمسافات بين الأوتاد المختلفة قدرها ٥٠ متراً ونقط الدوران لا يوجد بها أوتاد وأخذت فقط لغرض الانتقال من وضع لآخر للميزان ، وآخر وتد كان مسافة ٥٠٠ متراً أما باقى النقط فكانت للربط مرة أخرى على الروبير رقم (١).

١٨- أخذت الميزانية التالية على رؤوس أوتاد لتسوية أرض.

٠,٨٢ ، ٠,٨٨ ، ٠,٦٨ ، ٠,٤٧ ، ٠,٩٦ ، ٠,٩١ ، ٠,٦٠ ، ٠,٥١ ، ٠,٩٧ ، ٠,٨٨ ، ٠,٧٨ ، ٠,٦٥ ، ٠,١١ ، ٠,٦٧ ، ٠,٦٢ فإذا كان الميزان قد نقل بعد القراءات الثالثة والثامنة والحادية عشر ومنسوب رأس الوتد الأول ١ر٧٧ م فما مقدار رفع أو خفض رأس الوتد السادس ليكون على خط الانحدار بين رأسى الوتدين الثانى والحادى عشر.

١٩- أخذ مهندس القراءات الآتية فى ميزان على محور طريق تمهيداً لوضع ماسورة مياه وكانت كما يلى:

١,٤٦ ، ٠,٨٦ ، ١,١٧ ، ٠,٧٧ ، ٠,١٧ ، ٢,١١ ، ٣,٢٤ ، صفر ، ١,٨٨ ،
٠,١٥ ، ١,١٦ ، ٢,٨١ ، ١,١٠ ، ١,٨٩ فإذا كان الميزان قد نقل بعد النقطة الثالثة والرابعة والسابعة وكان منسوب النقطة الرابعة ١٫٧٥ م تحت سطح البحر ، أوجد فى جدول مناسيب النقط المختلفة علماً بأن المسافة بين كل نقطة وأخرى = ١٠٠م ارسم قطاع طولي مبيناً عليه مناطق الحفر والردم إذا كانت الماسورة ستوضع أفقيه ومنسوبها هو منسوبها النقطة الرابعة.

٢٠- عملت ميزانية عكسية بين أ ، ب وكان ارتفاع الجهاز فوق أ = ٢٫١٣٧ م

القراءة على القامة فوق ب = ٢٫٧٨٦ م

ارتفاع الجهاز فوق ب = ٢٫٦٥ م

القراءة على القامة فوق أ = ١٫٦٢٧ م

فإذا كان منسوب المحطة أ = ١٤٫٧٧ م . ما منسوب النقطة ب.

٢١- يراد تمهيد أرض مطار وكانت الأرض تليه وغير منتظمة وللوصول إلى غرض التمهيد وضعت بعض الأوتاد على طول محور المشروع وعلى أبعاد متساوية كل منها = ٢٥ مترا ، ثم أخذت ميزانية لرؤوس هذه الأوتاد فكانت القراءات عليها ابتداء من الوتد الأول كما يلي:

١,٦٤ ، ٢,٧٦ ، ١,٨١ ، ٢,٨٤ ، ٢,٧٧ ، ٠,٧٨ ، ١,٤١ ، ١,١٧ ، ٢,١١

٠,٨٨ فإذا كانت القراءات الثلاثة الأولى قد أخذت من وضع واحد والقراءتان التاليتان من وضع ثان والباقى من وضع ثالث ، فما مقدار رفع أو خفض كل وتد حتى تكون الرؤوس كلها على ميل إلى أسفل قدره ٦و٠ فى المائة من الوتد الأول علماً بأن الوتد الثالث سوف يكون مع سطح الأرض وتسوي باقى الأوتاد على هذا الأساس.



الباب التاسع

الكميات والحجوم وتسوية الأراضى

Volumes and Land Grading

كثيرا ما تقابلنا ضرورة حساب الحجوم لكميات الأتربة والمياه ومكعبات المبانى والأعمال الخرسانية وخلافة والذى يعتبر من أهم أعمال المساحة وذو تأثير على اقتصاديات المشاريع الهندسية حيث يتوقف تقدير تكاليف المشروعات عليها.

وهناك عدة طرق وقوانين مباشرة يمكن منها حساب الكميات والحجوم ويتوقف اختيارها على حسب طبيعة المشروع وعلى الخرائط المتوفرة ، وعموماً يمكن تقسيم هذه الطرق إلى ما يأتى:

١- مكعبات الأشكال المنتظمة - (مكعبات المباني والمنشآت).

٢- المكعبات من القطاعات الطولية والعرضية . (مشاريع الطرق والرى).

٣- المكعبات من مناسيب النقط - (الميزانية الشبكية وتسوية الأراضى).

٤- المكعبات من خطوط الكنوتور (تسوية الأراضى).

أولاً : مكعبات الأشكال المنتظمة:

شكل (١٢٨) يبين بعض أشكال المجسمات الهندسية وفيما يلي بعض القوانين والمعادلات الخاصة لحساب هذه الحجوم :

١- المكعب = ل٣	(٦٤)

حيث ل طول ضلع المكعب.

٢- حجم متوازى المستطيلات = مساحة القاعدة x الارتفاع = م x ع

متوازي المستطيلات = س . ص . ع	(٦٥)

٣- حجم الهرم الكامل = $\frac{1}{3}$ مساحة القاعدة x الارتفاع

الهرم الكامل = $\frac{1}{3}$ م x الإرتفاع	(٦٦)

٤- حجم الهرم الناقص (ينتج من قطع هرم كامل بمستوى موازى القاعدة).

الهرم الناقص = $\frac{ع}{3}$ ($م_1$ + $م_2$ + $\sqrt{م_1 \times م_2}$)	(٦٧)

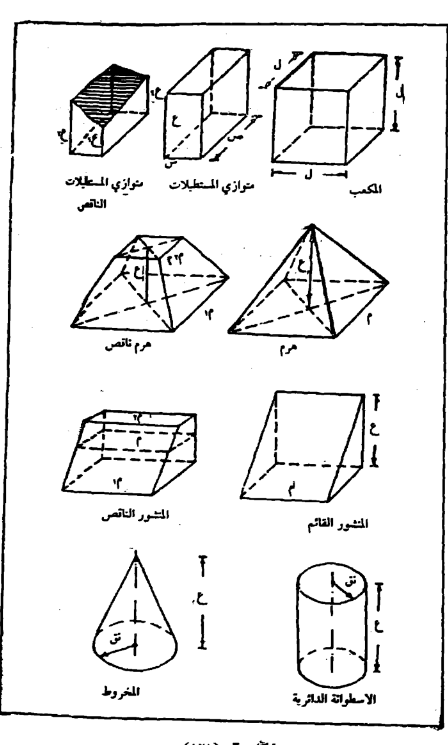
حيث $م_1$ ، $م_2$ مساحة سطحه المتوازيين ، ع ارتفاعه

٥- حجم الاسطوانة = مساحة القاعدة x الارتفاع

الاسطوانة = ط $نق^2$ x ع	(٦٨)

حيث نق = نصف قطر القاعدة

ع = ارتفاع الاسطوانة.


المكعب
متوازي المستطيلات
متوازي المستطيلات
الناقص
هرم
هرم ناقص
المنشور القائم
المنشور الناقص
الاسطوانة الدائرية
المخروط

شكل رقم (١٢٨)

٦- حجم المخروط = $\frac{١}{٣}$ مساحة القاعدة x الارتفاع

المخروط = $\frac{١}{٣}$ ط نق٢ x الارتفاع	(٦٩)

٧- حجم المنشور الكامل = $\frac{١}{٢}$ مساحة القاعدة x الارتفاع.

المنشور الكامل = $\frac{١}{٢}$ م x ع	(٧٠)

٨- حجم المنشور الناقص = متوسط القاعدتين x الارتفاع.

المنشور الناقص = $\frac{ع}{٢}$ (م١ + م٢)	(٧١)

حيث م١ ، م٢ مساحتى الوجهين المتوازيين.

وتسمى هذه الطريقة بطريقة متوسط القاعدتين.

هذه الطريقة تصلح عندما تكون م١ قريبة إلى م٢ ، وإذا لم تكن كذلك.

المنشور الناقص = $\frac{ع}{٦}$ (م١ + م٢ + ٤ م)	(٧٢)

حيث ع ارتفاع المنشور .

م١ مساحة المقطع الأول.

م٢ مساحة المقطع الثاني.

م مساحة المقطع المتوسط فى منتصف المسافة ع .

وغالباً ما تكون مساحة القطاع المتوسط غير معروفة وتحسب على أساس أن أبعاد هذا القطاع ناتجة عن أخذ متوسط كل بعدين متقابلين فى القاعدتين المتوازيتين م١ ، م٢.

وتسمى هذه الطريقة بطريقة المنشور المجسم أو الطريقة الدقيقة مع ملاحظة أن م لا تساوى إطلاقاً متوسط المساحتين م١ ، م٢.

٩- حجم متوازى المستطيلات الناقص.

وهو جسم مقطعه العمودي على أحرفه الموازية عبارة عن مثلث أو مستطيل أو مربع وارتفاعات أحرفه مختلفة.

الحجم = مساحة المقطع العمودى x متوسط أطوال الأحرف.

$$\text{المتوازى الناقص الرباعى} = م \left(\frac{ع_١ + ع_٢ + ع_٣ + ع_٤}{٤} \right) \quad (٧٣)$$

حيث ع١ ، ع٢ ، ع٣ ، ع٤ هى ارتفاعات الأحرف.

وفى حالة متوازى المستطيلات المثلثى الناقص نجد أن الحجم.

$$\text{المتوازى الناقص الثلاثى} = \frac{م}{٣} (ع_١ + ع_٢ + ع_٣) \quad (٧٤)$$

أمثلـــة:

مثال (١):

أوجد حجم خزان أرضى محفور فى أرض مستوية منسوبها (٢٣٫٠٠) حتى

منسوب (٠٠ر١١) إذا كان السطح العلوى مستطيل الشكل أبعاده ٥٠ x ٢٠ متراً والقاع ٣٣ x ٣ متراً.

الحجم بطريقة المنشور المجسم:

$م_1 = ٥٠ \times ٢٠ = ١٠٠٠ م^2$

$م_2 = ٣ \times ٣٣ = ٩٩ م^2$

$$م = \left(\frac{٥٠ + ٣٣}{٢}\right) \cdot \left(\frac{٢٠ + ٣}{٢}\right)$$

$٤ م = ٤ \times ٥ر٤١ \times ٥ر١١ = ١٩٠٩ م^2$

$$الحجم = \frac{٢٣,٠٠ - ١١,٠٠}{٦} (١٠٠٠ + ٩٩ + ١٩٠٩) = ٦٠١٦ م^3$$

$$الحجم بطريقة متوسط القاعدتين = \frac{١٠ + ٩٩}{٢} \times ١٢ = ٦٥٩٤ م^3$$

والفرق بين الحجمين قدره حوالى ٧ر١٪ وهو يقل كثيراً لو تقاربت المساحتين أى يقل هذا الفرق عندما تقترب مساحة السطح العلوى من مساحة السطح السفلى.

مثال (٢):

احسب كمية الأتربة المكونة على هيئة كوم قاعدته شبه منحرف طول قاعدتيه ٣٠ ، ٢٠ متراً وارتفاعه ١٠ متر ويكون وجه الكومة العلوي شبه منحرف أبعاده ١٠ ، ٥ ، ٦ متراً على التوالى علماً بأن ارتفاع الكومة هو ١٢ م.

الحل:

الطريقة الأولى: طريقة متوسط القاعدتين:

$$م_1 = \frac{٣٠ + ٢٠}{٢} \times ١٠ = ٢٥٠ \; م^2$$

$$م_1 = \left(\frac{١٠ + ٥}{٢} \right) \times ٦ = ٤٥ \; م^2$$

$$الحجم = \frac{ع}{٢} \left(م_1 + م_2 \right)$$

$$= \frac{١٢}{٢} \left(٢٥٠ + ٤٥ \right)$$

$$= ١٧٧٠ \; م^3$$

الطريقة الثانية: طريقة المنشور المجسم:

$$م = \left\{ \frac{٣٠ + ١٠}{٢} + \frac{٢٠ + ٥}{٢} \right\} \left\{ \frac{١٠ + ٦}{٢} \right\} \times \frac{١}{٢} = ١٣٠ م^2$$

حيث م هو شكل شبه منحرف قاعدتاه $\frac{٣٠ + ١٠}{٢}$ ، $\frac{٢ + ٥}{٢}$

وارتفاعه هو $\frac{١٠ + ٦}{٢}$

$$الحجم = \frac{ع}{٦} \left(م_1 + م_2 + ٤ \; م \right)$$

$$= \frac{١٢}{٦} (٢٥٠ + ٤٥ + ٤ X ١٣٠) = ١٦٣٠ م^٣$$

لاحظ الفرق بين الحجم بالطريقتين .

طريقة التقسيم إلى منشورات ناقصة:

هناك بعض الحالات يكون من المناسب فيها تقسيم الجسم إلى عدد من المنشورت الناقصة وليست من الضروري أن تكون متساوية المساحة كما في الحالة الموضحة بالمثال التالي:

مثال:

على قطعة أرض تنحدر في اتجاه واحد انحدار قدره ١٥:١ كما هو مبين في شكل (١٢٩) يراد حفر خزان قاعه أفقي منسوبه (+ ١٠ر٠٠) وأبعاد القاع ١٥ X ١٠٠ متر . فإذا علم أن الميول الجانبية للحفر ستكون ٢ : ٣ فاحسب كميات الحفر الناتجة لإنشاء هذا الخزان. احسب أيضاً كمية المياه القصوى التي يمكن تخزينها به.

الحل:

من شكل (١٢٩) يتضح أن الجسم الناتج هنا بالرغم من أنه محدد بمستويات إلا أنه ليس منشوراً مجسماً لأنه لا يوجد فيه مستويان متوازيان. ويحسب الحجم كأنه مكون من المنشورات الرئيسية الناقصة (الظاهرة في المستوي الأفقي) أ ب جـ د ، أ ب هـ و ، د جـ ن ل ، أ د ل و ، ب جـ ن هـ . وعليه تجرى عملية حساب أبعاد هذا المجسم اللازمة لحساب الحجم بالاستعانة بشكل (١٢٩) كما يلي:

الارتفاع ط ظ = فرق المنسوبين = ٨ م.

$$\therefore \frac{(٨ + ١ ص)}{١٥ ص} = \frac{٢}{٣}$$

ومنها : س = ٧٢٧ر٠ متر

أى أن : ١٥ س = ٩١ر١٠ متر

الارتفاع ق م = ٠٠ر٨ + ١٥٠ x = ١٨ م

$$\therefore \quad \frac{(٨ + ص)}{١٥ ص} = \frac{١}{١٥}$$

ومنها : ص = ٠٠ر٢ متر

أى أن : ١٥ ص = ٠٠ر٣٠ متر

وعلى هذا فإن حجم المنشور أ ب جـ د = القاعدة أ ب جـ د x الارتفاع المتوسط.

$$= ١٥٠ \times ١٠٠ \times \frac{٨ + ٨ + ١٨ + ١٨}{٤}$$

= ٠٠ر١٩٥ م٣

حجم المنشور أ ب هـ و = مساحة أ ب هـ و x الارتفاع المتوسط.

$$= ٩١ر١٠٠ \times ٩١,١٠ \times \frac{٨ + ٨ + صفر + صفر}{٤}$$

= ١١,٤٨٤٠ م٣

حجم المنشور د جـ ن ل = مساحة د جـ ن ل x الارتفاع المتوسط

$$= ١٣٠ \times ٣٠ \times \frac{١٨ + ١٨ + صفر + صفر}{٤}$$

= ٣٥١٠٠ م٣

حجم المنشور أ د ل و = مساحة أ د ل و x الارتفاع المتوسط.

$$= \{ \frac{١٠,٩١ + ٣٠}{٢} (١٥٠ + ٣٠ + ١٠,٩١) - \frac{(٣٠)^٢}{٢} - \frac{(١٠,٩١)^٢}{٢} \}$$

$$x (\frac{٨ + ١٨ + صفر + صفر}{٢}) = ٢٢٠٧١,٠٨ م^٣$$

حجم المنشور ب جـ ن هـ = حجم المنشور أ د ل و = ٢٢٠٧١ر٠٨ م^٢

∴ حجم الأتربة الكلى ناتج الحفر = ٢٧٩٠٨٢ر٢٧ م^٣

عند امتلاء الخزان بالماء فإن ارتفاع الماء سيكون مساوياً (٨-س) متر .

أى أن : ع = ٧ر٢٧٣ متر

وفى هذه الحالة يمكن إيجاد حجم الماء على أنه حجم المنشور المجسم الذى قاعدته السفلى مستطيل ١٥٠ x ١٠٠ وقاعدته العليا مستطيل أبعاده (١٥٠ر٠٠ + ٢ x١٠ر٩١) ، (١٠٠ر٠٠ + ٢x ١٠ر٩١) وقاعدته المتوسطة مستطيل أبعاده (١٥٠ر٠٠ + ١٠ر٩١) ، (١٠٠ر٠٠ + ١٠ر٩١) وبذا يكون حجم الماء .

مساويا $\frac{ع}{٦}$ [س$_١$ + ٤ س م + س$_٢$]

حيث :

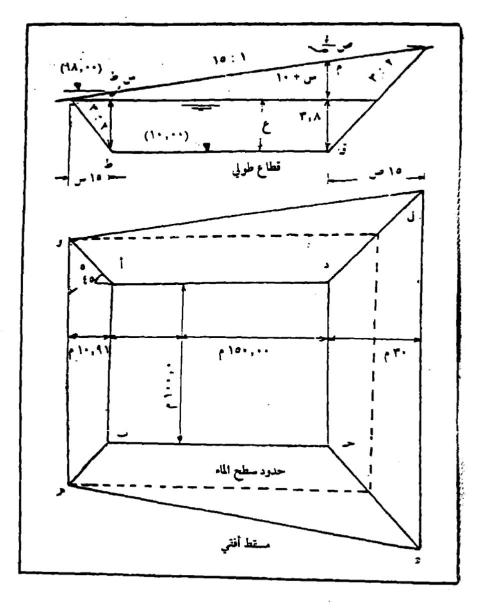
س$_١$ = ١٥٠ x ١٠٠ = ١٥٠٠٠ م^٢

س$_٢$ = ١٧١ر٨٢ x ١٢١ر٨٢ = ٢٠٩٣١ر١١ م^٢

س م = ١٦٠ر٩١ x ١١٠ر٩١ = ١٧٨٤٦ر٥ ٣ م^٣

$$\therefore \text{حجم الماء} = \frac{٧,٢٧٣}{٦}\left[١٥٠٠٠ + ٤ \times ١٧٨٤٦٫٥٣ + ٢٠٩٣١٫١١\right]$$

$$= ١٣٠٠٨٦٫٣٦ \text{ م}^{٣}$$



شكل رقم (١٢٩)

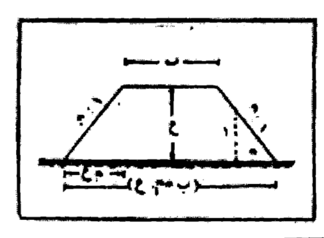
ثانيا: المكعبات من القطاعات الطولية والعرضية:

تعتبر القطاعات الطولية والعرضية من المعلومات الضرورية لدراسة الكميات فى المشاريع الممتدة على طول محور مثل أعمال الترع والطرق والمصارف ، وتعتمد على تشكيل قطاعات طولية وعرضية بعد توقيع خط المشروع ، ومن هذه القطاعات يمكن تحديد مناطق الحفر والردم.

ولتعيين أية مكعبات فى أى منطقة تقسم على عدة أجزاء كل منها محصور بين قطاعين عرضيين مع اعتبار أن الأرض منتظمة الميل فى هذه المنطقة ، ويحسب كل جزء على حدة باعتباره منشور مجسم.

وفى حالة الجسور والطرق تحسب القطاعات العرضية حسب ميول الجوانب ويكون ارتفاع المنشور هو المسافة بين كل قطاعين - والقطاعين هما القاعدتين $م_١$ ، $م_٢$.

فإذا كان لدينا طريق بعرض ب متر مثلاً وميول جوانبه ١ : ن (أى ١ رأسى ن أفقى) وارتفاعه هو ع متر فيمكن حساب أبعاد القطاع كما فى شكل (١٣٠) ، وبذلك تكون مساحة القطاع مساوية:



شكل رقم (١٣٠)

$$م = (ب + ن . ع) ع \qquad (٧٥)$$

فإذا فرض أن عرض الطريق ١٢ متر مثلاً وأن الميول الجانبية لقطاعه ٢ : ٣ وأن ارتفاع الحفر فى القطاع هو ٥ متر فإن ن = $\frac{٣}{٢}$ وتكون مساحة القطاع هى:

مساحة القطاع = (١٢ + $\frac{٣}{٢}$ × ٥) ٥ = ٩٧٫٥ م٢

ولحساب مكعبات الحفر والردم يتبع الآتى:

١- نرسم القطاع الطولى وتحسب ارتفاعات الحفر والردم عند النقط.

٢- نرسم القطاعات العرضية فى النقط المختلفة.

٣- نعين أماكن انفصال الحفر عن الردم.

٤- نعين حجم كل من الحفر والردم على حدة.

ويلاحظ فى حساب مكعبات الأتربة أن حجم التراب يزيد عند الحفر نظراً لتفككه وأن كمية التراب المستعملة فى الردم تقل بعد عملية الردم.

ولذا يؤخذ فى الاعتبار أن:

كمية الأتربة المحفورة = ١٫٢ من المحسوب للحفر.

كمية الأتربة اللازمة للردم = ١٫١٠ من الحجم المحسوب للردم.

بعض المعادلات المتبعة فى حساب القطاعات العرضية:

فى كل الحالات سنستعمل الرموز التالية (شكل (١٣١) :

ب = عرض الإنشاء وهو عرض القاع فى حالة الحفر وعرض الجسر فى حالة الردم.

١ : ن = الميل الجانبى للقطاع (١ رأسى ، ن أفقى).

١: م = انحدار الأرض فى الاتجاه العرضى العمودى على محور المشروع.

ع = ارتفاع الحفر أو الردم عند المحور.

$ل_١$ ، $ل_٢$ = المسافتان الأفقيتان بين المحور ونقطتى تقاطع الميول الجانبية مع سطح الأرض الطبيعى وتسميان بعرض القطاع.

$ع_١ ، ع_٢$ = تسميان ارتفاع الحفر وهما الفرق بين منسوب الإنشاء وكل من نقطتي تقاطع سطح الأرض مع الميول الجانبية.

> **ملحوظة** : عند ذكر الميول كنسبة فإن هذه النسبة تعني ظل زاوية الميل (مثل ١ : ن أو ١ : م) وعليه فإن الرقم الأول دائماً يكون الرأسي والرقم الثاني هو الأفقي.

الحالة الأولى: سطح الأرض الطبيعي والإنشاء (قاع حفر أو سطح جسر) افقيان:

$$\text{المساحة} = ع\,(\,ب + ن\,ع\,) \qquad (٧٦)$$

الحالة الثانية : سطح الأرض الطبيعي (في جسر أو ترعة) مائل في الاتجاه العرضي:

$$\text{في المثلث ك ط س} :\quad \frac{\text{س ط}}{\text{ط ك}} = \frac{ن}{١}$$

$$\text{ط ك} = \frac{ب}{٢\,ن}$$

$$\text{المساحة} = \Delta\,\text{ك هـ جـ} + \Delta\,\text{جـ و ك} - \Delta\,\text{س ص ك}$$

$$= \frac{١}{٢}\left\{ (ع + \frac{ب}{٢\,ن})\,ل_١ + (ع + \frac{ب}{٢\,ن})\,ل_٢ - \frac{ب^٢}{٢\,ن} \right\}$$

$$\text{المساحة} = \frac{1}{2} \left\{ (ل_1 + ل_2)(ع + \frac{ب}{2ن}) - \frac{ب^2}{2ن} \right\} \quad (77)$$

هذه المعادلة صحيحة سواء أكان الميل العرضي (١ : م) انحدار واحد أو انحدارين (١: م ، ١ : ط) كما في الشكل .

أما إذا علم $ع_1$ ، $ع_2$.

المساحة = Δ و ط ص + Δ هـ س ط + Δ جـ و ط + Δ هـ جـ ط

$$= \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} ب ع_2 + \frac{1}{2} ب ع_1 + ع ل_2 + ع ل_1 \right)$$

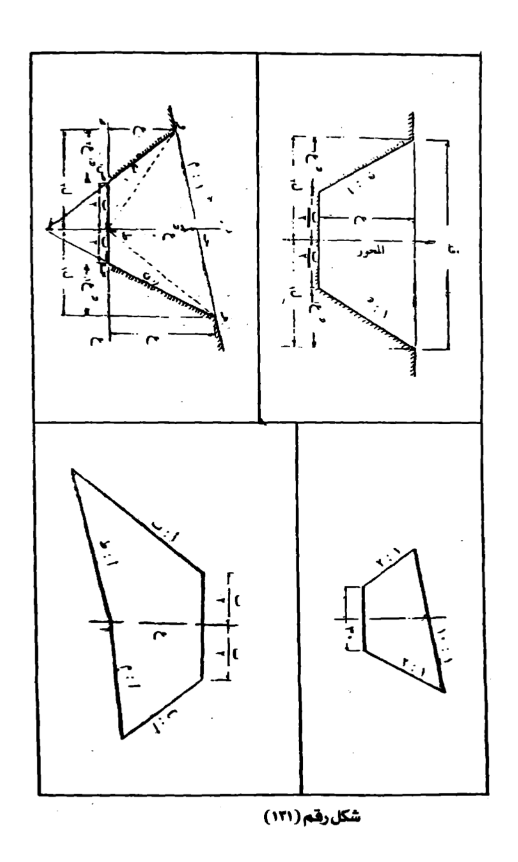
ومنها :

$$\text{المساحة} = \frac{1}{2} \left\{ \frac{1}{2} ب (ع_1 + ع_2) + ع (ل_1 + ل_2) \right\} \quad (78)$$

وهناك معادلتان أخريان الأولى (٧٩) بدلالة ل١ ، ل١ والثانية (٨٠) بدلالة الارتفاعات فقط.

$$\text{المساحة} = \frac{ل_1 ل_2 - (\frac{ب}{2})^2}{ن} \quad (79)$$

$$\text{المساحة} = ن ع_1 ع_2 + \frac{1}{2} ب (ع_1 + ع_2) \quad (80)$$



شكل رقم (١٣١)

ويمكن إيجاد قيم $ل_1$ ، $ل_2$ ، $ع_1$ ، $ع_2$ بدلالة عرض الإنشاء والميل والانحدار والارتفاع عند المحور وهذه القيم تربطها العلاقات الآتية:

$$ل_1 = \frac{1}{2}\,ب + \left(ع + \frac{ب}{2\,م}\right)\frac{م\,ن}{م - ن}$$

$$= \left(\frac{1}{2}\,ب + ن\,ع\right)\frac{م}{م - ن} \qquad (81)$$

$$ل_2 = \frac{1}{2}\,ب + \left(ع - \frac{ب}{2\,م}\right)\frac{م\,ن}{م + ن}$$

$$= \left(\frac{1}{2}\,ب + ن\,ع\right)\frac{م}{م + ن}$$

$$ع_1 = \left(ع + \frac{ب}{2\,م}\right)\left(\frac{م}{م - ن}\right)$$

$$ع_2 = \left(ع - \frac{ب}{2\,م}\right)\left(\frac{م}{م + ن}\right) \qquad (82)$$

$$ع_1 = ع + \frac{ل_1}{م}$$

$$ع_2 = ع - \frac{ل_1}{م} \qquad (83)$$

وفى المعادلة الثانية المساحة بدون معرفة $ل_١$ ، $ل_٢$ ، $ع_١$ ، $ع_٢$.

$$\text{المساحة} = (ب\,ع + ن\,ع^٢) + \frac{\frac{ن^٢}{م^٢}}{١ - \frac{ن^٢}{م^٢}} \left(\frac{١}{٢}\,ب + ن\,ع\right)^٢ \qquad (٨٤)$$

مثال:

يراد إنشاء جسر على أرض تميل في الاتجاه العرضى بمقدار ١ : ١٠ ، فإذا كان ارتفاع الجسر عند المحور = ١٠ م ، وعرض الجسر = ٣٠ م ، والميول الجانبية ١ : ٢

أوجد عرض الجسر $ل_١$ ، $ل_٢$ ومساحة القطاع.

الحل :

$$ل_١ = \frac{٣٠}{٢} + \left(١٠ + \frac{٣٠}{٢}\right) \frac{١٠ \times ٢}{١٠ - ٢} = ٤٣,٧٥ \text{ م}$$

$$ل_٢ = ١٥ + (١٠ - ١,٥) \frac{٢٠}{١٢} = ٢٩,١٧ \text{ م}$$

$$\text{المساحة} = \frac{١}{٢}(٤٣,٧٥ + ٢٩,١٧)\left(١٠ + \frac{٣٠}{٤}\right) - \frac{(٣٠)^٢}{٤} = ٥٢٥,٥ \text{ م}^٢$$

الحالة الثالثة: سطح الأرض الطبيعى عبارة عن انحدارين

قد يكون انحدار الأرض عبارة عن انحدارين ١: م ، ١: ط كما فى شكل (١٣١) والمعادلات السابقة كما هى ولا تتغير إلا بوضع ط بدلاً من م عند إيجاد ل ل١. بهذا تتغير معادلة المساحة (٨٤) لأنها تستعمل لميل واحد فقط وتستعمل بدلا منها المعادلة (٧٧) ، كما أن هناك معادلة يمكن استعمالها وهى:

$$\text{المساحة} = \left(\frac{ل_١ + ل_٢}{٢}\right)\left(ع + \frac{ب}{٢\,ن}\right) - \frac{ب^٢}{٤\,ن} \qquad (٨٥)$$

$$\text{ع}_1 = \left(\text{ع} + \frac{\text{ب}}{\text{٢ ط}}\right)\left(\frac{\text{ط}}{\text{ط} - \text{ن}}\right)$$

$$\text{ع}_2 = \left(\text{ع} + \frac{\text{ب}}{\text{٢ م}}\right)\left(\frac{\text{ط}}{\text{م} + \text{ن}}\right) \qquad (\text{٨٦})$$

$$\text{ل}_1 = \left(\frac{\text{ب}}{\text{٢}} + \text{ن ع}\right)\left(\frac{\text{ط}}{\text{ط} - \text{ن}}\right)$$

$$\text{ل}_2 = \left(\frac{\text{ب}}{\text{٢}} + \text{ن ع}\right)\left(\frac{\text{ط}}{\text{م} + \text{ن}}\right) \qquad (\text{٨٧})$$

وإذا وقع أ جـ بعيداً عن المحور فإن :

$$\text{ل}_2 = \left(\frac{\text{ب}}{\text{٢}} + \text{ن ع}\right)\left(\frac{\text{م}}{\text{م} - \text{ن}}\right) \qquad (\text{٨٨})$$

الحالة الرابعة : (المناطق التالية) :

شكل (١٣٢)

$$\text{الحفر} = \frac{\text{ل . ك}}{\text{٢ ن}} \qquad (\text{٨٩})$$

$$\text{الردم} = \frac{\text{هـ و}}{\text{٢ ن}} \qquad (\text{٩٠})$$

$$\text{الحفر أ ط ص} = \frac{\text{١}}{\text{٢}}\left\{\left(\frac{\text{ب}}{\text{٢ ن}} - \text{ع}\right)\left(\text{ل}_2 - \text{م ع}\right) - \frac{\text{ب}}{\text{٢ ن}}\left(\frac{\text{ب}}{\text{٢}} - \text{م ع}\right)\right\} \qquad (\text{٩١})$$

$$\text{بمعلومية } \text{ع}_1 \text{ ، } \text{ع}_2 = \frac{1}{2}\left(\frac{\text{ب}}{2} - \text{م}\,\text{ع}_1\right)\text{ع}_2$$

$$\text{الردم أ د جـ} = \frac{1}{2}\left\{\left(\frac{\text{ب}}{2\,\text{ن}} + \text{ع}\right)\left(\text{ل}_1 + \text{م}\,\text{ع}\right) - \frac{\text{ب}}{2}\left(\frac{\text{ب}}{2} + \text{م}\,\text{ع}\right)\right\} \quad (92)$$

$$\text{بمعلومية } \text{ع}_1 \text{ ، } \text{ع}_2 = \frac{1}{2}\left(\frac{\text{ب}}{2} + \text{م}\,\text{ع}\right)\text{ع}_1$$

$$\text{ل}_1 = \frac{\text{ب}}{2} + \left(\text{ع} + \frac{\text{ب}}{2\,\text{م}}\right)\frac{\text{م}\,\text{ن}}{\text{م} - \text{ن}}$$

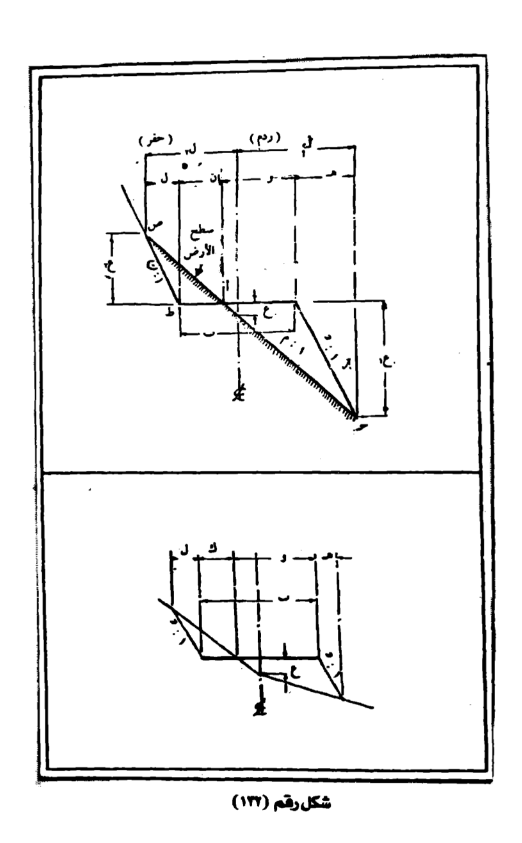
$$= \left(\frac{\text{ب}}{2} + \text{ن}\,\text{ع}\right)\left(\frac{\text{م}}{\text{م} - \text{ن}}\right)$$

$$\text{ل}_2 = \frac{\text{ب}}{2} + \left(\text{ع} - \frac{\text{ب}}{2\,\text{م}}\right)\frac{\text{م}\,\text{ن}}{\text{م} - \text{ن}} \quad (93)$$

$$= \left(\frac{\text{ب}}{2} + \text{ن}\,\text{ع}\right)\left(\frac{\text{م}}{\text{م} - \text{ن}}\right)$$

$$\text{ع}_1 = \text{ع} + \frac{\text{ل}_1}{\text{م}}$$

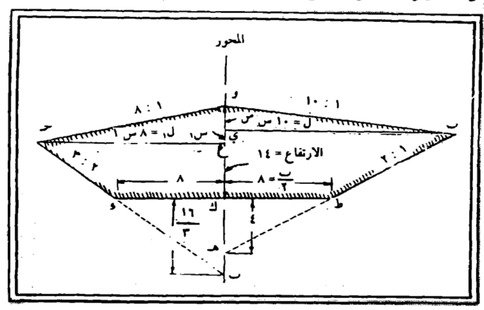
$$\text{ع}_2 = \text{ع} - \frac{\text{ل}_2}{\text{م}} \quad (94)$$



شكل رقم (١٣٢)

طريقة عامة لإيجاد المساحة بدون استعمال المعادلات السابقة:

في كثير من الأحوال لا تكون المعادلات السابقة في متناول يدنا ونضطر لإيجاد المساحة من المبادئ الأولية. وفيا يلي خطوات تتبع في أي حالة ، وقد أخذت الحالة العامة التي فيها ميول الجوانب مختلفة والانحدار العرضي مكون من انحدارين مختلفين كما في شكل (١٣٣).



شكل رقم (١٣٣)

وسنبين الخطوات بالمثال الموضح في نفس الشكل (١٣٣) والذي فيه عرض القطاع ب = ١٦ متر وارتفاع الحفر ع = ١٤ متر والميول كما هي مبينة في الشكل.

١- نمد الجانبين ب ط ، جـ د إلى أن يقابلا المحور في هـ ، ن على الترتيب وهما لا يقابلان المحور في نقطة واحدة لاختلاف الميلين الجانبيين.

٢- نسقط من ب العمود ب ى ، ومن جـ العمود جـ ع على المحور ونرمز للعمودين ل ، ل١ وللمسافتين و ى ، و ع بالرمزين س ، س١.

٣- ب ى = ل = ١٠ س ، جـ ع = ل١ = ٨ س.

٤- المسافة ب ى = ٢ ى هـ لأن الميل الجانبى ١ : ٢ وعليه فإن :

١٠ س = ٢ (١٤ + ٤ - س) لأن ك هـ = $\frac{١}{٢}$ x ٨ = ٤

ومنها :

س = ٣ متر

∴ ل = ١٠ x ٣ = ٣٠ م

مساحة الجزء الأيمن من القطاع (ب ط ك و) = Δ ب و هـ - Δ ط ك هـ .

= $\frac{١}{٢}$ x ٣٠ (١٤ + ٤) - $\frac{١}{٢}$ ٨ x ٤ = ٢٥٤ م٢

١- المسافة ل١ = جـ ع = $\frac{٣}{٢}$ (ع ن)

= $\frac{٣}{٢}$ (١٤ - س١ + $\frac{١٦}{٣}$)

= ٨ س.

∴ س١ = ٣٫٠٥ م

ل١ = ٨ س١ = ٢٤٫٤ م

مساحة الجزء الأيسر من القطاع = و ك د جـ = Δ و جـ ن - Δ ك ن د.

= $\frac{١}{٢}$ x ٢٤,٤ x (١٤ + $\frac{١٦}{٣}$) - $\frac{١}{٢}$ x ٨ x $\frac{١٦}{٣}$ = ٢١٤,٥ م٢

مساحة القطاع = ٢٥٤ + ٢١٤٫٥ = ٤٦٨٫٥ م٢

بهذه الطريقة يمكن إيجاد مساحة أى قطاع على أن نعالج كل نصف من القطاع على حدة كما سبق شرحه.

مثال:

لحساب مكعبات الحفر والردم من القطاعات:

أخذت المناسيب المبينة على مسافات متساوية كل ١٠٠ متر على محور قطاع طولى لطريق.

مناسيب الأرض الطبيعية هى:

١٥ر٤٠ ١٧ر٥٠ ١٦ر٣٠ ١٧ر٢٠ ١٨ر٠٠

ويراد توقيع الطريق بحيث منسوب أوله هو (١٨ر٠٠) وميله إلى أسفل ١/٢ ٪ وعرض الطريق ٨ متر وميله الجانبي ٢ : ٣ والمطلوب:

١- ارس قطاعاً طولياً بمقياس رسم مناسب.

٢- احسب ارتفاع الحفر والردم في المسافات المذكوره.

٣- أوجد طول مسافة كل من الحفر والردم مع بيان القطاعات العرضية

٤- أوجد مكعبات الحفر والردم اللازمة.

٥- كمية الأتربة اللازمة لاتمام هذا الطريق.

الحل:

المسافة	صفر	١٠٠	٢٠٠	٣٠٠	٤٠٠
منسوب الأرض	١٥,٤٠	١٧,٥٠	١٦,٣٠	١٧,٢٠	١٨,٠
منسوب خط الإنشاء	١٨,٠٠	١٧,٥٠	١٧,٠٠	١٦,٥٠	١٦,٠٠
ارتفاع الحفر				٠,٧٠	٢,٠٠
ارتفاع الردم	٢,٦٠		٠,٧٠		-
مساحة القطاعات	٣٠,٩٤	صفر	٦,٢٣ صفر	٦,٣٣	٢٢
مكعبات الحفر				١٥٨,٢	١٤١٦,٦
مكعبات الردم	١٥٤٧	٣١٦,٥	١٥٨,٢		

المقاييس ١ : ٢٥٠٠ أفقي ، ١ : ٥٠ رأسي .

حساب مساحات القطاع:

القطاع صفر : ارتفاعه = ٢٫٦٠ متر

المساحة = $\frac{١٥٫٨٠ + ٨٫٠٠}{٢}$ X ٢٫٦٠ = ٢٠٫٩٤ م٢

القطاع ١٠٠ : ارتفاعه = صفر

المساحة = صفر

القطاع ٢٠٠ : ارتفاعه = ٠٫٧٠ متراً

المساحة = [$\frac{١٠٫١ + ٨٫٠٠}{٢}$] ٠٫٧٠ = ٦٫٣٣ م٢

وهناك قطاع بين قطاع ٢٠٠ ، ٣٠٠ لا يوجد به حفر أو ردم (ويسمى صفر حفر ردم ويوجد بعده عن قطاع ٢٠٠ بالنسبة والتناسب وذلك بمعرفة ارتفاع الردم فى القطاع ٢٠٠ وارتفاع الحفر في القطاع ٣٠٠ ونلاحظ أنهما متساويان أي أن قطاع صفر حفر ردم يقع فى منتصف المسافة بين القطاعين.

القطاع ٣٠٠ : ارتفاعه = ٠٫٧ متر

المساحة = [$\frac{١٠٫١ + ٨٫٠٠}{٢}$] X ٠٫٧٠ = ٦٫٣٣م٢

القطاعات:

قطاع صفر - قطاع ١٠٠ - قطاع ٢٠٠.

قطاع بين ٢٠٠ ، ٣٠٠ ويسمى ٢٥٠ (بالنسبة والتناسب).

قطاع ٣٠٠ - قطاع ٤٠٠.

القطاع صفر : ارتفاعه = ٢٫٦٠ مترا

المساحة = $\frac{١٥,٨ + ٨,٠}{٢}$ x ٢٫٦٠ = ٣٠٫٩٤ م٢

القطاع ١٠٠ : ارتفاعه = صفر.

المساحة = صفر.

القطاع ٢٠٠ : ارتفاعه = ٠٫٧٠ متراً.

المساحة = $\frac{١٠,١٠ + ٨,٠}{٢}$ x ٠٫٧٠ = ٦٫٣٣ م٢

القطاع ٤٠٠ : ارتفاعه = ٢٠٠ متراً

المساحة = $\frac{١٤,٠٠ + ٨,١٠٠}{٢}$ x ٢ = ٢٢ م٢

حساب كميات الحفر والردم :

حجم الجزء الأول (ردم) = $\frac{ع}{٢}$ (م١ + م٢)

= $\frac{١٠٠}{٢}$ (٣٠,٩٤ + صفر) = ١٥٤٧ م٣

حجم الحفر الثاني (ردم) = $\frac{ع}{٢}$ (م١ + م٢)

= $\frac{١٠٠}{٢}$ (صفر + ٦,٣٣) + ٣١٦,٥ م٣

حجم الجزء الثالث (ردم) = $\frac{ع}{٢}$ (م١ + م٢)

= $\frac{٥٠}{٢}$ (٦,٣٣ + صفر) = ١٥٨,٢ م٣

حجم الحفر الرابع (حفر) = $\frac{ع}{٢}$ (م١ + م٢)

= $\frac{٥٠}{٢}$ (صفر + ٦,٣٣) + ١٥٨,٢ م٣

مسافات (متر)	صفر	١٠٠	٢٠٠	٣٠٠	٤٠٠
منسوب الأرض الطبيعية	١٥,٤٠	١٧,٥٠	١٦,٣٠	١٧,٢٠	١٨,٠٠
منسوب سطح الانشاء	١٨,٠٠	١٧,٥٠	١٧,٠٠	١٦,٥٠	١٦,٠٠
ارتفاع الحفر		صفر		٠,٧٠	٢,٠٠
ارتفاع الردم	٢,٦٠	صفر	٠,٧٠		
مساحة القطاعات	٣٠,٩٤	صفر	٩,٢٣ صفر	٦,٣٣	٢٢,٠٠
مكعبات الحفر			١٥٨,٢	١٤١٦,٦	
مكعبات الردم	١٥,٤٧	٣١٦,٥	١٥١,٢		

شكل رقم (١٣٤)

حجم الجزء الخامس (حفر) = $\frac{ع}{٢}$ (م١ + م٢)

= $\frac{١٠٠}{٢}$ (٦,٣٣ + ٢٢) = ١٤١٦,٦ م٣

مجموع مكعبات الردم = ١٥٤٧ + ٣١٦٫٥ + ١٥٨٫٢

= ٢٠٢١٫٧ م٣

مجموع مكعبات الحفر = ١٥٨٫٢ + ١٤١٦٫٦ = ١٥٧٤٫٨ م٣

الكمية الناتجة من الحفر = ١٥٧٤٫٨ x ١٫٢ = ١٨٨٩٫٧٦ م٣

الكمية المطلوبة للردم = ٢٠٢١٫٧ x ١٫١ = ٢٢٢٣٫٨٧ م٣

الكمية اللازم نقلها إلي الموقع لإتمام الطريق = ٢٢٢٣٫٨٧ - ١٨٨٩٫٧٦

= ٣٣٤٫١١ م٣

ثالثاً - حساب المكعبات من مناسيب النقط:

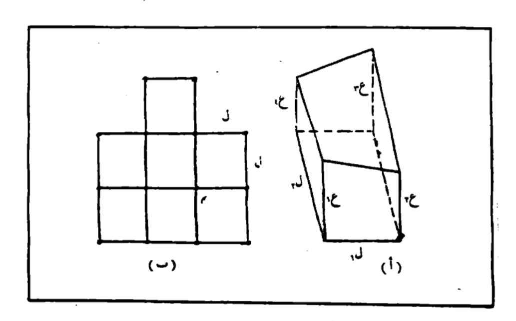
تستعمل هذه الطريقة عند تسوية الأراضى على منسوب معين وتجري عمليات حفر أو عمليات ردم أو عمليات حفر وردم فى نفس الوقت لإجراء التسوية المطلوبة.

ولحساب مكعبات الحفر أو الردم نحسب فروق الارتفاعات ع١ ، ع٢ ، ع٣ ، ع٤ عند أركان كل مستطيل فيكون لدينا متوازى المستطيلات الناقص (شكل ١٣٥) مساحة قاعدته هى مساحة القطعة المستطيلة وبذا يكون الحجم:

$$ح = م \left\{ \frac{ع_١ + ع_٢ + ع_٣ + ع_٤}{٢} \right\} \qquad (٩٥)$$

وإذا كانت مساحة الأرض كبيرة فإنها تقسم إلى مجموعة من المستطيلات أو المربعات على غرار الميزانية الشبكية وتوجد مناسيب أركان المستطيلات أو

المربعات التى قسمت إليها القطعة ، ولو فرض في هذه الحالة أن العملية كلها حفر أو كلها ردم فنعين أولا ارتفاع كل ركن من أركان المستطيلات عن منسوب المستوى المطلوب التسوية عليه ويكون الحجم الكلى للحفر أو الردم فى هذه الحالة على ضوء المعادلة (٩٥) مساوياً :



شكل رقم (١٣٥)

$$ح = \frac{م}{٤} (ع_١ + ٢ع_٢ + ٣ع_٣ + ٤ع_٤ ...) \qquad (٩٦)$$

حيث م مساحة المستطيل أو المربع الواحد.

$ع_١$ = مجموع ارتفاع الحفر أو الردم المشتركة فى جزء واحد.

$ع_٢$ = مجموع ارتفاعات الحفر أو الردم المشتركة فى جزءين (أى التى تكرر فى الحساب مرتين).

$ع_٣$ = مجموع ارتفاعات الحفر أو الردم المشتركة فى ثلاث أجزاء (أى تكرر فى الحساب ثلاث مرات).

$ع_٤$ = مجموع ارتفاعات الحفر أو الردم المشتركة فى أربع أجزاء وهكذا.

أما إذا كانت المساحة مقسمة إلى مثلثات متساوية فى المساحة فيكون الحجم الناتج عند التسوية هو:

$$ح = \frac{م}{٣} (ع_١ + ٢ع_٢ + ٣ع_٣ ...) \quad (٩٧)$$

مثال:

قطعة أرض طولها ١٢٠ متراً وعرضها ٦٠ متراً شكل (١٣٦) عملت لها ميزانية شبكية بتقسيمها إلى مستطيلات متساوية وعينت مناسيب الأركان لكل من المستطيلات ، والمطلوب حساب مقدار الحفر اللازم لتسوية هذه المنطقة على منسوب (٤,٠٠).

فى شكل (١٣٦) يبين مناسيب الأركان ويبين أيضا ارتفاعات الحفر اللازم

(٢,٠٠) (١,٠٠) (١,٥٠) (١,٧٠)
٦,٠٠ ٥,٠٠ ٥,٥٠ ٥,٧٠
٤,٥٠ (٠,٥٠) ٤,٨٠ (٠,٨٠) ٤,٠٠ (صفر) ٦,٠٠ (٢,٠٠)
٣٠ متر ٤٠ متر
٥,٥٠ (١,٥٠) ٤,٦٠ (٠,٦٠) ٤,٠٠ (صفر) ٥,٠٠ (١,٠٠)

شكل رقم (١٣٦)

عندها(الأرقام بين الأقواس) . ولحساب الحجم لمكعبات الردم نلاحظ أن الارتفاعات تتكرر إما مرة واحدة أو مرتين أو أربعة مرات عند الحساب وبذا فإن:

ع١	ع٢	ع٣	ع٤
١,٧٠	١,٥٠	—	صفر
٢,٠٠	١,٠٠	—	٠,٨٠
١,٠٠	٠,٥٠	—	
١,٥٠	٠,٦٠	—	
	صفر		
	٢,٠٠		
٦,٢٠	٥,٦٠	صفر	٠,٨٠

ويكون الحجم ح = $\frac{م}{٤}$ (ع١ + ٢ع٢ + ٣ ع٣ + ٤ ع٤)

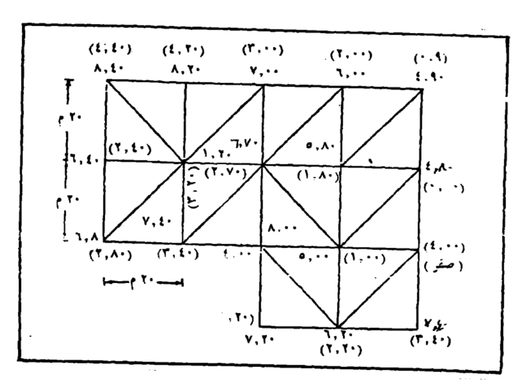
= $\frac{١٢٠}{٤}$ (٦,٢ + ٢ x ٥,٦ + ٣ x صفر + ٤ x ٠,٨)

= ٦١٨ م٣

أحياناً تكون طبيعة سطح الأرض داخل المستطيل أو المربع الواحد متغيرة بحيث لا يمكن اعتبار أن نقط الأركان تقع على سطح مستوى واحد ، لذلك وللحصول على نتائج أدق تقسم الأرض إلى مثلثات وذلك بتوصيل أقطار المربعات أو المستطيلات المقسمة إليها القطعة . ويجب علينا أن نختار القطر المطابق لسطح الأرض أكثر من غيره - ويحسب كل قسم على حدة باعتبار أنه متوازى مستطيلات مثلثى ناقص.

مثال:

قطعة أرض مبينة فى شكل (١٣٧) عينت مناسيب أركانها ووصلت الأقطار المطابقة لسطح الأرض والمطلوب حساب مقدار الحفر اللازم لتسوية هذه المنطقة على منسوب (٤٫٠٠) .



شكل رقم (١٣٧)

الحل :

ع١	ع٢	ع٣	ع٤	ع٥	ع٦	ع٧
٣,٤٠	٠,٩	٢,٠٠	٤,٠٠	١,٨٠	١,٠٠	٢,٧٠
٣,٢٠	٤,٢	٣,٠٠	٢,٢٠			٣,٣٠
	٤,٤	٠,٨٠				
	٢,٤	صفر				
	٢,٨	٣,٤٠				
٦,٦٠	١٤,٧	٩,٢٠	٦,٢٠	١,٨٠	١,٠٠	٥,٩٠

الحجم المطلوب = $\frac{م}{٣}$ (ع$_{١}$ + ٢ع$_{٢}$ + ٣ع$_{٣}$ + ٤ع$_{٤}$ + ٥ع$_{٥}$ + ٦ع$_{٦}$ + ٧ع$_{٧}$) .

حيث م هي مساحة المثلث = (٢٠ x ٢٠) / ٢ = ٢٠٠ متر مربع

الحجم المطلوب = ٢٠٠/٣ (٦,٦٠ + ٢ x ١٤,٧ + ٣ x ٩,٢٠ + ٤ x ٦,٢٠ + ٥ x ١,٨٠ + ٦ x ١,٠٠ + ٧ x ٥,٩٠)

= ٢٠٠/٣ (٦,٦٠ + ٢٩,٤٠ + ٢٧,٦٠ + ٢٤,٨٠ + ٩,٠٠ + ٦,٠٠ + ٤١,٣٠)

= ٢٠٠/٣ x ١٤٤,٧٠ = ٩٦٤٦,٦٦ متر مكعب

حالة بعض الكميات حفر وبعضها ردم (طريقة صفر - حفر - ردم):

وإذا كانت المنطقة المطلوبة تسويتها بها جزء حفر وآخر ردم فيجب أولاً أن نعين الحد الفاصل بين الردم و الحفر أي يجب أن نحسب خط الكونتور الذى منسوبه يساوى منسوب التسوية .

مثال:

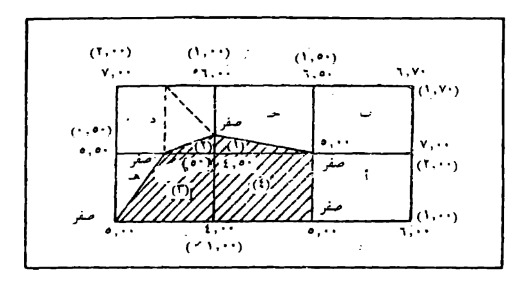
قطعة أرض طولها ١٢٠ متراً وعرضها ٦٠ متراً عملت لها ميزانية شبكية بتقسيمها إلى ستة مستطيلات ٣٠ x ٤٠ وعينت مناسيب أركانها شكل (١٣٨).

والمطلوب هو تسوية هذه القطعة على منسوب (٥,٠٠) وإيجاد كميات الحفر والردم اللازمة.

قبل البدء فى حساب الحجم حددت نقط صفر حفر ردم بالنسبة والتناسب كما فى شكل (١٣٨) وعلى ذلك يكون حجم الردم هو:

ح = ح١ + ح٢ + ح٣ + ح٤

ح١ = (١٠ x ٤٠)/٢ x ١/٢ x ١/٣ = ١٠٠/٣ = ٣٣,٣ م٣



شكل رقم (١٣٨)

$$\text{ح}_{2} = \frac{10 \times 20}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{3} = \frac{50}{3} = 16.7 \text{ م}^{3}$$

$$\text{ح}_{3} = \left(\frac{20 + 40}{2}\right) 30 \left\{\frac{0.5 + 1.00}{2}\right\} = \frac{60 \times 30 \times 3}{2 \times 8} = 337.5 \text{ م}^{3}$$

$$\text{ح}_{4} = \frac{30 \times 40 \, (0.5 + 1.00)}{2} = 450 \text{ م}^{3}$$

حجم الردم = ٣٣,٣ + ١٦,٧ + ٣٢٧,٥ + ٤٥٠ = ٨٣٧,٥ م٣

حجم الحفر ح = ح أ + ح ب + ح جـ + ح د + ح هـ

$$\text{ح أ} = \frac{30 \times 40 \, (1 + 2 + \text{صفر} + \text{صفر})}{4 \quad \frac{30 \times 20}{4}}$$

$$= 900 \text{ م}^{3}$$

ح ب = ٣٠ x ٤٠ { (٢ + ١,٧ + ١,٥ + صفر) / ٤ } = ١٥٦٠ م٢

حجـ = { (٣٠ + ٢٠) / ٢ } ٤٠ x ((١,٥ x ١,٠ + صفر + صفر) / ٤) = ٦٢٥ مم٢

حد = (٣٠ x ٢٠) / ٤ (صفر + ٠,٥ + ٢,٠٠ + ١,٥)

\+ (٣٠ x ٢٠) / (٢ x ٣) (صفر + صفر + ١,٥)

\+ (٢٠ x ٢٠) / (٢ x ٣) (صفر + ١,٠٠ + ١,٥) = ٦١٦,٧ م٣

ج هـ = (٢٠ x ٣٠) / ٢ { (٠,٥ + صفر + صفر) / ٣ }

= ٥٠ م٣

حجم الحفر = ح أ + ج ب + حجـ + ج د + ج هـ

= ٩٠٠ + ١٥٦٠ + ٦٢٥ + ٩١٦,٧ + ٥٠

= ٤٠٥١,٧ م٣

(يلاحظ هنا أنه عند حساب الحجم عند (د) قسمت المساحة إلى مجموعة من المستطيلات والمثلثات وعينت ارتفاعات الأحرف العمودية عندها بالنسبة والتناسب وبمعلومية ارتفاعات الأحرف الأخرى على الخطوط الأصلية).

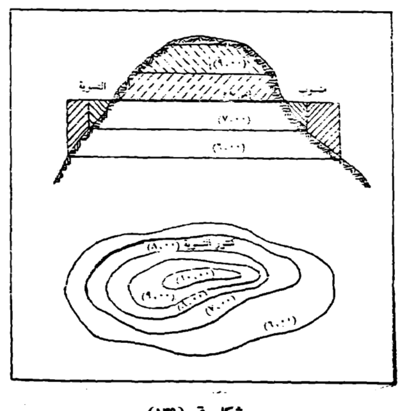
وغالباً ما تكون حدود الأرض غير منتظمة وتكون الأجزاء المتطرفة فى هذه الأحوال مثلثات أو أشباه منحرفات ولذا تحسب حجوم هذه الأجزاء منفردة ونضيفها إلى الحجوم الناتجة من المستطيلات أو المربعات المتشابهة لنحصل على الحجم الكلى.

رابعاً - حساب المكعبات من خطوط الكنتور:

هذه الطريقة تستعمل فى إيجاد سعة الخزانات وكميات الأتربة اللازمة للردم أو الحفر. ويتم حساب الكميات اللازمة لتسوية قطعة من الأرض مباشرة من الخريطة الكنتورية للمنطقة التى تقع الأرض فى نطاقها وشكل (١٣٩) يبين قطعة أرض موضح خطوط كنتورها ويراد تسويتها على منسوب ٨٫٠٠ فيكون فى هذه الحالة كونتور ٨٫٠٠ هو الخط الفاصل بين الحفر والردم وتكون المساحة التى بمنسوب أعلى من ٨٫٠٠ حفر والمساحة ذات المنسوب أقل من ٨٫٠٠ ردم.

ولأيجاد مكعبات الحفر والردم فى هذا المثال يجرى الآتى:

١- تحسب المساحة المحصورة داخل كونتور (١٠٫٠٠) وداخل كونتور (٩٫٠٠) وداخل كونتور (٨٫٠٠) بالبلانيمتر ويكون حجم الحفر مساوياً:



شكل رقم (١٣٩)

ح ١٠-٩ = (مساحة كونتور (١٠,٠٠) + مساحة كونتور (٩,٠٠)) / ٢ x الفترة الكونتورية

وهذا المقدار الذى يجب حفره حتى نصل إلى كنتور (٩٫٠٠).

ح ٩-٨ = (مساحة كونتور (٩,٠٠) + مساحة كونتور (٨,٠٠)) / ٢ x الفترة الكونتورية

ويكون مجموع الحفر = ح ١٠-٩ + ح ٩-٨

وتنص المواصفات على استخدام طريقة الهرم الناقص إذا كانت مساحة الكنتور أكبر من ضعف الكنتور الذى يليه.

٣- لحساب الردم تحسب المساحة داخل الكنتور (٧٫٠٠) ونطرح منها مساحة (٨٫٠٠) ينتج مساحة الردم وتضرب هذه المساحة فى متوسط الارتفاع حتى منسوب التسوية (٨٫٠٠) أى فى (صفر + ١) / ٢ ينتج الردم اللازم ما بين كونتورى (٧٫٠٠ ، ٨٫٠٠) ثم تحسب المساحة داخل الكونتور (٦٫٠٠) ونطرح منها مساحة (٧٫٠٠) وينتج مساحة الردم ونضربها في متوسط الارتفاع عن منسوب التسوية (١+٢) / ٢ ينتج مقدار الردم اللازم حتي نصل من منسوب ٧ إلى ٦ ويكون مجموع الردم = ح٨ -٧ + ح٧-٦.

٤- فى هذه الحالة نحصل على أرض مستوية منسوبها ٨٫٠٠ وبسعة خط كونتور (٦٫٠٠) وجوانبها رأسية.

٥- إذا أريد الحصول على أرض مستوية منسوب (٨٫٠٠) وبميلها الطبيعى فلا داعى للردم وإنما نحصل علي أرض مستوية وبسعة خط كونتور (٨٫٠) بعد إتمام الحفر فقط.

مثال (١):

قدرت المساحة داخل كل خط كونتور بالبلانيمتر فى هضبة فكانت كما يلى:

كونتور ١٥ = ٢٠٠ م٢ ، كونتور ١٤ = ٣٠٠ م٢ ، كونتور ١٣ = ٤٠٠ م٢

كنتور ١٢ = ٤٨٠ م٢ ، كونتور ١١ = ٧٢٠ م٢ ، كونتور ١٠ = ٨٠٠ م٢

والمطلوب هو تسوية هذه الأرض حتى منسوب (١٢,٠٠) ، أوجد كمية الردم والحفر اللازم لإتمام التسوية.

الحل:

كمية الحفر = ح ١٥ - ١٤ + ح ١٤ - ١٣ + ح ١٣ - ١٢

$$= (\frac{٢٠٠ + ٣٠٠}{٢}) \times ١ + (\frac{٤٠٠ + ٣٠٠}{٢}) \times ١$$

$$+ (\frac{٤٨٠ + ٤٠٠}{٢}) \times ١$$

= ٢٥٠ + ٣٥٠ + ٤٤٠ = ١٠٤٠ م٣

كمية الردم = ح من ١٢ إلى ١١ + ح من ١١ إلى ١٠

$$= \frac{٧٢٠ + ٤٨٠}{٢} (\text{صفر} + ١,٠٠) + \frac{٨٠٠ - ٧٢٠}{٢} (١ + ٢)$$

= ١٢٠ + ١٢٠ = ٢٤٠ م٣

مثال (٢):

قدرت المساحة داخل كل كونتور فى هضبة بجهاز البلانيمتر فكانت :

كونتور٢٦ = ٨٠ م٢ كوتور ٢٤= ١٣٠ م٢ كونتور ٢٢ = ١٦٠ م٢

كونتور٢٠ = ٢١٠ م٢ كونتور ١٨ = ٢٥٠ م٢ كونتور ١٦ = ٣٠٠ م٢

كونتور١٤ = ٣٢٠ م٢ كونتور ١٢ = ٤٠٠ م٢

فإذا كان المطلوب هو تسوية هذه الأرض حتى منسوب (١٩,٠٠) فأوجد مقدار كلا من الحفر والردم اللازمين لهذه التسوية.

الحل:

المساحة داخل كونتور ١٩ = متوسط المساحتين داخل ٢٠ ، ١٨

$$= \frac{٢١٠ + ٢٥٠}{٢} = ٢٣٠ \text{ م}^٢$$

كمية الحفر = ح ٢٦ - ٢٤ + ح ٢٤ - ٢٢ + ح٢٢ - ٢٠ + ح٢٠ - ١٩

كمية الحفر = $(\frac{٨٠ + ١٣٠}{٢}) \times ٢ + (\frac{١٣٠ + ١٦٠}{٢}) \times ٢ +$

$(\frac{١٦٠ + ٢١٠}{٢}) \times ٢ + (\frac{٢١٠ + ٣٢٠}{٢}) \times ١$

= ٢١٠ + ٢٩٠ + ٣٧٠ + ٢٢٠

= ١٠٩٠ متر مكعب

كمية الردم = ح ١٩-١٨ + ح ١٨ - ١٦ + ح ١٦ - ١٤ + ح ١٤-١٢

$$= (٢٥٠ - ٢٣٠) \left(\frac{\text{صفر} + ١}{٢}\right) + (٣٠٠ - ٢٥٠) \left(\frac{١ + ٣}{٢}\right)$$

$$+ (٢٢٠ - ٢٣٠) \left(\frac{٣ + ٥}{٢}\right) + (٤٠٠ - ٣٢٠) \left(\frac{٥ + ٧}{٢}\right)$$

$$= ٢٠ \times \frac{١}{٢} + ٥٠ \times ٢ + ٢٠ \times ٤ + ٨٠ \times ٦$$

= ١٠ + ١٠٠ + ٨٠ + ٤٨٠ = ٦٧٠ متر مكعب

مكعبات الأتربة في المنحنيات:

تؤخذ القطاعات العرضية في المنحنيات في اتجاه قطري (عمودي على المماس) وبذا لا يمكن تطبيق قاعدة المنشور المجسم أو متوسط القاعدتين لإيجاد الحجم بين أي قطاعين لأنهما غير متوازيين.

وفي الأحوال العادية التي لا تتطلب دقة كبيرة يهمل تأثير هذا الانحناء ونعتبر أن كل قطاعين قطريين متتاليين متوازيين ، تأثير الانحناء قد يكون كبيراً في المنحنيات الحادة ذات نصف القطر الصغير ويكون التأثير أكبر إذا كانت كمية الحفر أو الردم كبيرة وأيضاً في حالة عدم تماثل القطاع حول المحور. في هذه الحالة لابد من حساب تأثيره.

وتبعاً لنظرية (Pappus) باباس فإن حجم أي جسم ناتج عن تحرك مساحة مستوية حول محور ثابت مسافة ما ، يساوي حاصل ضرب مساحة هذا القطاع في طول مسار مركز ثقلها. ويمكن إيجاد متوسط مساحات القطاعات في مسافة ما واعتبار أن هذا القطاع يمثل القطاعات المختلفة في المسافة ونحسب مركز ثقله ثم نضرب هذه المساحة X مسار مركز الثقل فينتج الحجم.

وتوجد لذلك طريقتان:

الطريقة الأولى:

١- تقسم الجسم إلى عدة قطاعات وتتوقف المسافات بين القطاعات المختلفة عل الدقة المطلوبة.

٢- نوقع مراكز ثقل القطاعات المختلفة. ونفرض أنها على أبعاد هـ . ، هـ ١ ، هـ ٢ عن محور الطريق شكل (١٤٠) ثم نوقع هـ . ، هـ١، هـ٢ ... على المسقط الأفقى للطريق شكل (١٤٠)

٣- نقيس المسافة ل. ، $ل_١$ ، $ل_٢$ ، ... بين مراكز الثقل المتتالية بأى طريقة من الرسم على طول المنحنى أو يمكن اعتبار أن ل . قوس من دائرة نصف قطرها (نق − $\frac{هـ . + هـ ١}{٢}$) وبالمثل للأطوال $ل_١$ ، $ل_٢$ ، ...

٤- نفرض أن مساحات القطاعات هى ح . ، $ح_١$ ، $ح_٢$ ...

الحجم الكلى = $\frac{١}{٢}$ ل . (ح . + $ح_١$) + $\frac{١}{٢}$ $ل_١$ ($ح_١$ + $ح_٢$) + ...

٥- يمكن اتباع هذه الطريقة فى إيجاد حجم كل من الحفر والردم فى حالة الجسر المبين فى شكل (١٤٠) . ويعين بعد مركز الثقل عن محور الطريق فى القطاعات الشبيهة بالقطاع المبين فى شكل (١٤١) من المعادلة التالية:

$$هـ = \frac{ل_١ . ل_٢ (ل_١ + ل_٢)}{٣ ط . س} \qquad (٩٨)$$



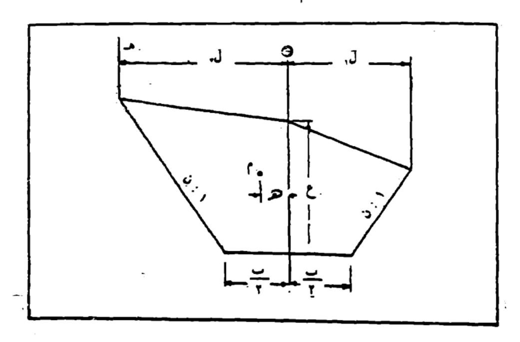
حيث

س = مساحة القطاع الكلية.

شكل رقم (١٤٠)

، ١ : ط = انحدار سطح الأرض الطبيعية فى الاتجاه العمودى على محور الجسر.

وعندما يكون سطح الأرض الطبيعية أفقياً والميول الجانبية للقطاع متساوية فإن مركز ثقل القطاع يقع على المحور. أما إذا كان الميول الجانبية مختلفة وسطح الأرض الطبيعية أفقى فيحدد مركز الثقل باعتبار أن القطاع شبه منحرف ، وأنسب طريقة لذلك هى بأخذ عزوم المساحات أو بالطرق البيانية.



شكل رقم (١٤١)

الطريقة الثانية:

١- نفرض فى شكل (١٤٠) أن مساحة كل من القطاعين أ ب ، جـ د ثابتة وأن الحجم على أساس أنه يساوى المساحة x المسافة بينهما على المحور.

٢- تبعاً لنظرية باباس فإن الحجم المحسوب باستعمال طول المحور به خطأ قدره (ط).

ط = المساحة x (طول المحور بين القطاعين - طول مسار مركز الثقل).

٣- وعموماً فإن المساحة (س) فى الطبيعة تتغير عادة من وضع لآخر على المحور وبذا فإن مسار مركز الثقل لا يكون جزءاً من قوس دائرى ومن الصعب حساب طول مثل هذا المسار. لذا نطبق التصحيح على المساحات مع أخذ المسافات على المحور.

٤- لهذا الغرض نفرض أن:

نصف قطر المحور = نق

زاوية دوران مستوى القطاع = θ

البعد بين مركز ثقل القطاع والمحور = هـ

ح + س (نق - هـ) θ

وتعتبر (هـ) وجبة إذا كانت إلى الخارج من المحور بعيداً عن المركز ويصبح الحجم :

ح = س (نق + هـ) θ

الخطأ فى حساب الحجم = ± س هـ θ

$$= \pm \text{س هـ} \times \frac{\text{طول المحور}}{\text{نق}}$$

$$= \pm \text{الحجم العادى} \frac{\text{هـ}}{\text{نق}}$$

$$\text{الخطأ فى الحجم لوحدة المسافات} = \pm \frac{\text{س هـ}\ \theta}{\text{نق}\ \theta}$$

$$\text{الخطأ في الحجم لوحدة المسافات} = \pm \frac{\text{س هـ}}{\text{نق}} \qquad (٩٩)$$

هذا التصحيح يضاف أو يطرح من المساحة عند كل قطاع ثم تطبق المعادلات العادية لإيجاد الحجوم فى حالة الخطوط المستقيمة.

٥- هذا بالطبع ليس دقيقاً تماماً ولكن فى حالة أنصاف الأقطار الصغيرة أو عندما تكون هـ كبيرة فإن النتيجة تكون أقرب كثيراً إلى الصحة لو لم نستعمل التصحيح.

٦- ويمكن تطبيق المعادلة التالية لإيجاد الحجم مباشرة.

$$ح = \frac{ل}{٢} (س_١ + س_٢) (١ \pm \frac{هـ}{نق}) \qquad (١٠٠)$$

حيث ل = طول القوس مقاساً على المحور

$س_١$ ، $س_٢$ = مساحتا القطاعين الأول والأخير على الترتيب.

هـ = البعد بين مركز ثقل القطاع الأوسط والمحور.

نق = نصف قطر المحور.

والإشارة السالبة تؤخذ دائماً عندما يكون مركز الثقل إلى الداخل، بالنسبة للمحور ناحية مركز التقوس. وموجباً إذا كانت خاريجة.

تسوية الأرضى للرى :

إن تسوية الأراضى للرى من الوضوعات الهامة في جمهورية مصر العربية خاصة وأننا نجرى استصلاح مئات الآلاف من الأفدنة فى شتى أنحاء الجمهورية حيث يتم حساب كميات الحفر أو الردم اللازمة لعمل التسوية بأقل تكاليف ممكنة.

وهناك عدة طرق مستخدمة لحساب تسوية الأراضي تتوقف على نوع التسوية المطلوبة على شكل الأرض بعد التسوية هل سيكون أفقياً أو تنحدر فى اتجاه واحد أو اتجاهين متعامدين.

طريقة استصلاح الأراضى:

طريقة استصلاح الأراضى تتلخص فى النقط التالية:

١- نعمل للمنطقة المراد تسويتها ميزانية شبكية بتقسيمها إلي مجموعة من المربعات أو المستطيلات وإيجاد مناسيب أركان هذه المربعات أو المستطيلات.

٢- يحسب المنسوب المتوسط على أساس أنه المنسوب المتوسط من جميع مناسيب أركان الشبكة ، أي أن:

$$\text{متوسط منسوب التسوية} = \frac{\sum \text{جميع مناسيب نقط الشبكة}}{\text{عدد النقط}} \qquad (١٠١)$$

٣- يحسب عمق الحفر أو ارتفاع الردم عند كل نقطة من نقط الشبكة وذلك بمقارنة منسوب أى نقطة بمنسوب التسوية ، فإذا كان منسوب النقطة أعلى من منسوب التسوية كان المطلوب حفر بمقدار الفرق بين المنسوبين ، أما إذا كان منسوب التسوية أعلى من منسوب النقطة كان المطلوب إجراء ردم بمقدار فرق المنسوبين.

٤-يحسب عدد النقط التى سيتم فيها حفر لإجراء التسوية وكذلك عدد النقط التى سيتم فيها ردم.

٥- تحسب مساحة المنطقة كلها وكذلك مساحة الجزء الذى سيتم فيه الحفر فى الأرض والجزء الذى سيتم فيه الردم . ويمكن الحصول علي قيم تقريبية لمساحات الحفر أو الردم من المعادلات الآتية:

$$\text{مساحة الجزء المحفور} = \frac{\text{عدد نقط الحفر}}{\text{عدد النقط الكلية}} \times \text{المساحة الكلية للأرض} \quad (١٠٢)$$

$$\text{مساحة الجزء المردوم} = \frac{\text{عدد نقط الردم}}{\text{عدد النقط الكلية}} \times \text{المساحة الكلية للأرض} \quad (١٠٣)$$

٦- يحسب متوسط عمق الحفر في المنطقة ومتوسط عمق الردم.

$$\text{متوسط عمق الحفر} = \frac{\Sigma \text{ أعماق}}{\text{الحفر}} \quad (١٠٤)$$

$$\text{متوسط ارتفاع الردم} = \frac{\Sigma \text{ ارتفاعات الردم}}{\text{عدد نقط الردم}} \quad (١٠٥)$$

٧- وبذا يكون :

حجم كميات الردم = مساحة الردم X متوسط ارتفاع الردم.

حجم كميات الحفر = مساحة الحفر X متوسط عمق الحفر.

٨- يحسب متوسط مكعبات التسوية (متوسط كميات الحفر والردم).

ومن ثم يمكن حساب متوسط ما يخص كل فدان من مكعبات التسوية.

مثال:

قطعة أرض أبعادها ٢٥٠ X ٢٠٠ م أجريت لها ميزانية شبكية بغرض

تسويتها وكانت أضلاع مربعات الشبكة بطول ٥٠ متر. احسب منسوب التسوية المتوسطة ومقدار ارتفاعات الحفر أو الردم عند كل نقطة ومقدار ما يخص كل فدان من مكعبات التسوية ، وذلك إذا كانت مناسيب نقط الشبكة كالآتى:

٣,١٢	٣,٠٢	٣,٤٢	٤,٠٥	٤,٢٢
٣,٢١	٢,٢٨	٣,٥٢	٤,١٢	٤,٢٧
٣,٤٠	٣,٤٢	٣,٤٤	٢,٧٤	٣,٥٨
٣,١٠	٣,٢٦	٣,١٢	٣,٢٢	٣,٣٨
٣,١٠	٢,٨٨	٢,٩٨	٣,٤٤	٣,٥٢
٣,٥٨	٢,٨٤	٣,٢٨	٣,٧٤	٣,٧٩

الحل:

الجدول التالي يبين مناسيب الأرض عند النقط المختلفة ومنه عين المنسوب المتوسط للتسوية ، وفى الجدول عينت ارتفاعات الحفر أو الردم.

متوسط المنسوب بعد التسوية = $\frac{١٠٢,٢٤}{٣٠}$ = ٣,٤١

من الجدول : عدد نقط الحفر = ١٤

عدد نقط الردم = ١٦

مساحة الجزء المحفور = $\frac{١٤}{٣٠}$ x ٢٥٠ x ٢٠٠ = ٢٣٣٣٣ متر٢

رقم القطعة	منسوب الأرض	عمق الحفر	ارتفاع الردم	رقم النقطة	منسوب الأرض	عمق الحفر	ارتفاع الردم
١	٣,١٢		٠,٢٩	١٦	٣,١٠		٠,٣١
٢	٣,٠٢		٠,٣٩	١٧	٣,٣٦		٠,١٥
٣	٣,٤٢	٠,٠١		١٨	٢,١٢		٠,٢٩
٤	٤,٠٥	٠,٦٤		١٩	٣,٣٢		٠,٠٩
٥	٤,٢٢	٠,٨١		٢٠	٣,٣٨		٠,٠٣
٦	٣,٣١		٠,١٠	٢١	٣, ٠		٠,٣١
٧	٣,٢٨		٠,١٣	٢٢	٢,٨٨		٠,٥٣
٨	٣,٥٢	٠,١١		٢٣	٢,٩٨		٠,٤٣
٩	٣,١٢	٠,٧١		٢٤	٣,٤٤	٠,٣٠	
١٠	٤,٢٧	٠,٨٦		٢٥	٣,٥٢	٠,١١	
١١	٣,٤٠		٠,٠١	٢٦	٢,٥٨		٠,٨٣
١٢	٣,٤٢	٠,٠١		٢٧	٢,٨٤		٠,٥٧
١٣	٣,٤٤	٠,٠٢		٢٨	٣,٢٨		٠,١٣
١٤	٣,٧٤	٠,٣٣		٢٩	٢,٧٤	٠,٣٢	
١٥	٣,٥٨	٠,١٧		٣٠	٣,٧٩	٠,٣٨	
				Σ	١٠٢,٢٤	٤,٥٣	٤,٥٩

مساحة الجزء المردوم = $\frac{١٦}{٣٠}$ × ٢٥٠ × ٢٠٠ = ٢٦٦٦٧ متر٢

متوسط عمق الحفر = $\frac{٤,٥٣}{١٤}$ = ٠,٣٢٣٦ متر

متوسط ارتفاع الردم = $\frac{٤,٥٩}{١٦}$ = ٠,٢٨٦٩ متر

مكعبات الحفر = ٢٣٣٣٣ x ٠,٣٢٣٦ = ٧٥٥٠ م٣

مكعبات الردم = ٢٦٦٦٧ x ٠,٢٨٦٩ = ٧٦٥١ م٣

متوسط مكعبات التسوية = $\frac{٧٦٥١ + ٧٥٥٠}{٢}$ = ٧٦٠٠ م٣

متوسط مايخص كل فدان = $\frac{٤٢٠٠ , ٨٣ \times ٧٦٠٠}{٥٠٠٠٠}$ = ٦٤٠ م٣

تسوية الأرض على ميول معينة:

فى بعض الأحيان تسوى الأرض بحيث يكون سطحها بعد التسوية مائلاً فى اتجاه معين وأفقى فى الاتجاه العمودى وأحياناً مائلا فى الاتجاهين المتعامدين وذلك لتحسين صرف المياه بعد الرى ويمثل ما اتبع في الطريقة السابقة تعمل للمنطقة ميزانية شبكية بغرض تعيين مناسيب الأرض الطبيعية عند نقط الشبكة المختلفة .

وخطوات حساب التسوية فى هذه الحالة تتلخص فيما يلى:

١- نوجد مركز ثقل المنطقة (المركز الهندسى لشكل قطعة الأرض المطلوب تسويتها).

٢- تحسب منسوب التسوية لمركز ثقل المنطقة وليكن ع م حيث :

$$ع_م = \frac{\text{مجموع مناسيب سطح الأرض عند الأركان}}{\text{عدد الأركان}} \qquad (١٠٦)$$

٣- نمرر بمركز الثقل محورين متعامدين يعينان اتجاه ميل الأرض . بمعلومية انحدار الأرض فى كل اتجاه منهما تحسب مناسيب التسوية لنقط الشبكة المختلفة ابتداء من نقطة مركز الثقل ثم نعين ارتفاعات الردم وأعماق

الحفر بمقدار منسوب سطح الأرض الطبيعية عند كل نقطة بمنسوب التسوية. والمثال التالى يوضح الخطوات الحسابية للتسوية.

مثال:

قطعة أرض مستطيلة الشكل أبعادها ٣٥٠ x ١٨٠ متراً قسمت إلى مستطيلات بأبعاد ٧٠ x ٦٠ متر ، عملت لها ميزانية شبكية ويراد تسويتها بميل إلى أسفل من الشمال إلى الجنوب مقداره ١ : ٢٥٠ ومن الغرب إلى الشرق بميل ١ : ٥٠ إلى أعلى. أوجد مقدار الحفر والردم عند كل نقطة من النقط إذا كانت مناسيب الأركان هي:

٦,٢	٤,٢	٨,٧	٤,١	٧,٦	٣,٦
٤,٤	٧,٧	٢,٤	٣,١	٢,٢	٤,٥
٦,٤	٦,٠	٦,٢	٧,٠	٨,٠	٣,٢
١,١	٨,١	٤,٦	٨,٦	١,٦	٥,١

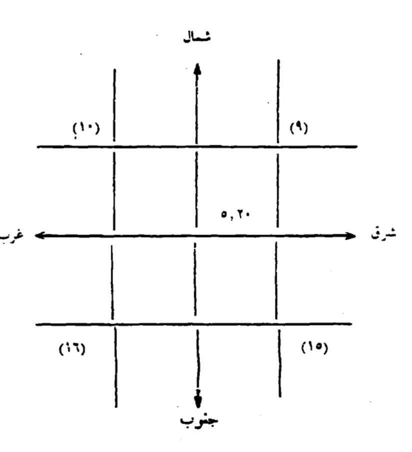
الحل:

مركز ثقل القطعة هو مركز المستطيل أى يبعد على الحافة السفلى ٩٠ متر وعن الحافة اليسرى ١٧٥ متر ومنسوبه هو متوسط جميع مناسيب الأركان ، أى أن :

$$\text{منسوب المركز} = \frac{١٢٤,٨}{٢٤} = ٥,٢٠$$

ولحساب منسوب التسوية لنقطة مثل (٩) شكل (١٤٢) نجد أن هذه النقطة تبعد بمقدار ٣٠ متر شمالى مركز الثقل وبمقدار ٣٥ متر شرق مركز الثقل.

$$\text{وبذا يكون منسوب التسوية لهذه النقطة} = ٥,٢٠ + ٣٥ \times \frac{١}{٥٠} + ٣٠$$



شكل رقم ١٤٢

٦,٠٢ متراً = ١/٢٥٠ x

ولنقطة مثل (١٠) منسوب التسوية = ٥,٢٠ - ٣٥ x ١/٥٠ + ٣٠

٤,٦٢ متراً = ١/٢٥٠ x

ولنقطة مثل (١٥) منسوب التسوية = ٥,٢٠ + ٣٥ x ١/٥٠ - ٢٠

X $\frac{١}{٢٥٠}$ = ٥,٧٨ متر

ولنقطة (١٦) منسوب التسوية = ٥,٢٠ - ٣٥ X $\frac{١}{٥٠}$ - ٣٠

X $\frac{١}{٢٥٠}$ = ٤,٣٨ متر

وبالتالى لباقى النقط . والجدول التالى يبين مناسيب الأرض الطبيعية. ومناسيب التسوية للنقط المختلفة وكذلك ارتفاعات الحفر والردم عند كل نقطة.

رقم النقطة	منسوب الأرض	منسوب التسوية	عمق الحفر	ارتفاع الردم	رقم النقطة	منسوب الأرض	منسوب التسوية	عمق الحفر	ارتفاع الحفر
١	٦,٢٠	٩,٠٦		٢,٨٦	١٣	٦,٤	٨,٥٨		٢,١٨
٢	٤,٤	٧,٦٦		٣,٢٦	١٤	٦,٠	٧,١٨		١,٨٨
٣	٨,٧	٦,٢٦	٢,٤٤		١٥	٦,٢	٥,٧٨	٠,٤٢	
٤	٤,١	٤,٨٠		٠,٧٩	١٦	٧,٠	٤,٣٨	٢,٦٢	
٥	٧,٦	٣,٤٦	٤,١٤		١٧	٨,٠	٢,٩٨	٥,٠٢	
٦	٣,٦	٢,٠٦	١,٥٤		١٨	٣,٢	١,٥٨	١,٦٢	
٧	٤,٤	٨,٨٢		٤,٤٢	١٩	١,١	٨,٣٤		٧,٢٤
٨	٧,٧	٧,٤٢	٠,٣٢		٢٠	٨,١	٦,٩٤	١,١٦	
٩	٢,٤	٦,٠٢		٣,٦٢	٢١	٤,٦	٥,٥٤		٠,٩٤
١٠	٣,١	٤,٦٢		١,٥٢	٢٢	٨,٦	٤,١٤	٤,٤٦	
١١	٢,٢	٣,٢٢		١,٠٢	٢٣	١,٦	٢,٧٤		١,١٤
١٢	٤,٥	١,٨٢	٢,٦٨		٢٤	٥,١	١,٣٤	٣,٨٦	

مسائـــــل

١- قاعدة تمثال ارتفاعها ١٦ متر وقاعدتها السفلى شبه منحرف أبعاده ١٤، ١٠ ، ٨ متراً والقاعدة العليا مستطيل ٨ x٦ متراً - عين حجم هذه القاعدة بأدق الطرق.

٢- عند إنشاء طريق جديد عرضه ٧ مترا أخذت ميزانية على محور المشروع المقترح فكانت النتائج كالتالى:

مسافة (متر)	صفر	٥٠	١٠٠	١٥٠	٢٠٠	٢٥٠	٣٠٠	٣٥٠
منسوب (متر)	٣,١٦	٤,٤٨	٦,٢٢	٥,٨٣	٢,٢٤	٢,٩٥	٣,٨٥	٣,٢١
مسافة	٤٠٠	٤٥٠	٥٠٠	٥٥٠	٦٠٠	٦٥٠	٧٠٠	
منسوب	٢,٩٦	١,٧٥	٠,٩٥	١,٣٤	٢,٢٨	١,٦٥	١,٦٠	

فإذا علم أن الطريق سيكون أفقياً حتى مسافة ٢٥٠ متر بمنسوب ١٥ر٣ وأنه سينحدر بعد ذلك إلى أسفل بمقدار ٨ر٠٪ ، ارسم قطاعاً طولياً مبيناً عليه سطح الأرض الطبيعية وسطح الإنشاء.

احسب مكعبات الحفر والردم اللازمة لإتمام الطريق إذا علم أن الميول الجانبية فى الحفر ٢ : ٣ وفى الردم ١ : ٢.

٣- كوم من الحجارة ارتفاعه ١١ متر وقاعدته على شكل شبه منحرف أبعاده هى ١٤ ، ٦ ، ١٢ متراً وقاعدته الأخري على شكل شبه منحرف أيضاً أبعاده ١٦، ٤ ، ٧ متراً - عين حجم الكوم بطريقتين.

٤- قطعة أرض مستطيلة الشكل أبعادها ٨٠ x ١٢٠ متراً . وعملت لها ميزانية شبكية لأركان المربعات فكانت مناسيب الأركان كما يلى:

الصف الأول	٦,٢٠	٥,٢٠	٤,٢٠	٣,١٠
الصف الثانى	٥,٤٠	٤,٨٠	٤,١٠	٢,٠٠
الصف الثالث	٣,٢٠	٢,٨٠	٤,١٠	٠,٠٠

عين خطوط الكنتور لفترة كنتورية مقدارها ١ متر مستعملاً مقياس ١ : ١٠٠٠ – وإذا أريد تسوية هذه المنطقة على منسوب (٣٫٠٠) فعين كمية الحفر والردم اللازمة لذلك.

٥– للمنطقة المبينة بالميزانية الشبكية فى المسألة رقم (٧) احسب ارتفاع الحفر أو الردم عند النقط المختلفة إذا أريد تسوية هذه القطعة بغرض استصلاحها للزراعة بحيث تنحدر الأرض من الشمال إلى الجنوب إلى أسفل بمقدار ٠٫٥٪ ومن الغرب إلى الشرق إلى أعلى بمقدار ٠٫٢٪.

٦– خزان مياه مسقطه الأفقى مستدير وقطره الداخلى عند حافته العليا ٢٠ متراً – وسمك الجدار عند الحافة العليا ٦٠ سم وارتفاع الخزان ٦٫٩ – احسب حجم الحائط إذا كان الجدار الخارجي رأسي تماماً والداخلى يميل ١ : ١٢ إلى الداخل احسب أيضاً أكبر كمية من المياه يمكن تخزينها به.

٧– ارسم خطوط الكنتور لفترة قدرها متراً واحداً من واقع نتائج ميزانية شبكية إذا كانت شبكة المربعات مكونة من مربعات أبعادها ٥٠X٥٠ متراً وكانت مناسيب الأركان كالآتى:

الصف الأول	٢,٤٠	٣,٨٠	٢,٨٠	٤,٢٠
الصف الثانى	٤,٦٠	١,٨٠	٣,٩٠	١,٩٠
الصف الثالث	٢,٩٠	٥,٠٠	١,٨٠	٢,٧٠
الصف الرابع	٤,٦٠	٣,٥٠	٣,٠٠	٤,٧٠
الصف الخامس	٣,٢٠	٤,١٠	٢,٧٠	٢,٥٠

٨- يراد حساب مكعبات الحفر اللازمة لإنشاء نفق مفتوح عرض قطاعه ١٨ متر وميوله الجانبية ٢ : ٥ - ولإيجاد المناسيب على محور المشروع لسطح الأرض الطبيعية المزمع عمل النفق فيها أجريت ميزانية طولية فكانت القراءات على القامة كالآتي:

٣٥ر. - ٨٠ر٢ - ٨٥ر٣ - ٤٨ر. - ١٧ر١ - ٦٤ر٢ - ٧٢ر. - ٦٨ر٢ - ٠١ر١ - ٥٦و.

علماً بأن الميزان رفع بعد القراءة الثالثة والسابعة وأن منسوب النقطة الخامسة على المحور هو ٣٤ر١٥ م . وعند قياس المسافات بين النقط المختلفة على محور المشروع كانت المسافة المقاسة بين النقطة الأولى والثانية على المائل هى ٣٦ر٥٠ م ، وبعد القياس عوير الجنزير المستخدم فكان طوله الحقيقى ٨٨ر١٩ م ، كانت المسافات الأفقية بين النقط التالية هى نفس المسافة الأفقية الصحيحة بين الأولتين ، احسب مكعبات الحفر بالمتر المكعب علماً بأن منسوب بداية النفق هو ٥٠ر١٦ متراً وأنه ينحدر إلى أسفل بمقدار ٧٥٪.

٩- عين بأدق الطرق كمية الخرسانة اللازمة لإتمام قاعدة تمثال وجهها العلوى مثلث متساوى الأضلاع طول ضلعه ٤ متر ووجهها السفلى مربع طول ضلعه ٦ متر وأحد أضلاعه يوازى أحد أضلاع المثلث، وذلك إذا علم أن ارتفاع القاعدة سيكون ٤ متر.

١٠- احسب لنفس قطعة الأرض المبينة مناسيب اركانها فى المسألة (٧) كميات الحفر وكميات الردم اللازمة لتسوية المنطقة لاستصلاحها للزراعة بحيث تصبح أفقية.

١١- المطلوب تسوية قطعة الأرض المبينة مناسب أركانها فى المسألة (٧) بغرض استصلاحها للزراعة بحيث تنحدر من الشمال إ لى الجنوب إلى أعلى بمقدار ٣ر٠٪ ومن الشرق إلى الغرب إلى أسفل بمقدار ٤ر٠ ٪ .

عين مناسيب التسوية للنقط المختلفة وكذلك ارتفاعات الحفر والردم اللازمة عند كل نقطة.

١٢- عمل قطاع طولى لمشروع زراعى بين الكيلو ٤٣٫٠٠ والكيلو ٤٣٫٦٠٠ بين نقطتين أ ، ب وكانت الميزانية على مسافات متساوية وكانت قراءة القامة كالآتى:

١٫٩٢ - ١٫٩٧ - ٢٫٤٦ - ٢٫٥٩ - ١٫٩٢ - ١٫٤٨ - ١٫٦٢ - ١٫٤٤ - ١٫٥٧ - ١٫٩٦ - ١٫٨٩ - ٢٫٩٢ - ٢٫٢٢ - ٢٫٣٠ - ٣٫٨٥ - ٣٫٦٠ - ٣٫٤٠.

فإذا كان الميزان قد نقل بعد النقط الثالثة والخامسة والسابعة والتاسعة وأن منسوب النقطة الأولى هى (٢٢٫٦٠) وأن الطريق المقترح يبدأ من نقطة أ ويميل ١/٢ ٪ إلى أسفل . ويمنسوب (٢٤٫٠٠):

ارسم قطاعاً طولياً مبيناً عليه سطح الأرض الطبيعية وسطح الإنشاء وكذلك مناطق الحفر والردم اللازمة لإتمام الطريق.

احسب كميات الحفر والردم إذا كان عرض الطريق المقترح ١٠ متر وأن الميول الجانبية فى الحفر هى ٣ : ٢ وفى الردم ٢ : ٣.

١٣- قدرت المساحة داخل خطوط كنتور هضبة فكانت:

كنتور (٢٦) = ٧٠ م٢ - كنتور (٢٤) = ١٣٠ م٢ - كنتور (٢٢) = ١٦٠ م٢

كنتور (٢٠) = ٢٠٠ م٢ - كنتور (١٨) = ٢٤٠ م٢ - كنتور (١٦) = ٢٩٠ م٢

كنتور (١٤) = ٣٥٠ م٢ - كنتور (١٢) = ٤٠٠ م٢ - كنتور (١٠) = ٤٤٠ م٢

فإذا كان المطلوب هو تسوية الهضبة على منسوب (١٩٫٠٠) مع عمل حوائط ساندة على امتداد خط كنتور (١٠٫٠٠) احسب كميات الأتربة المطلوبة نقلها من أو إلى الموقع لإجراء التسوية المطلوبة.

١٤- احسب الكميات اللازمة لتطهير قطاع الترعة المبين إذا كان طولها ٤٥٠ متراً بطريقة الإحداثيات ثم المركبات.

١٥- كوم من الأحجار قاعدتاه عبارة عن مثلث أطوال أضلاعه ٣٣، ٣٣، ١٨ متراً ، ومعين طولاً قطريه ٣٨ ، ١٢ متراً وضع ضلع المثلث الذى طوله ١٨ متراً يوازى أحد أضلاع المعين. فإذا كان ارتفاع الكوم عشرة أمتار فما حجم الأحجار بالأمتار المكعبة.

١٦- ما كمية الحفر والردم اللازمتين لتسوية الأرض المبينة على منسوب ٣ر٠٠ في الاتجاه أ ب وبميل ١ : ٣٠٠ إلى أسفل فى الاتجاه العمودى عليه مستعملاً طريقة خط (صفر - حفر - ردم).

١٧- يردا إنشاء حوض سباحة ٥٠ x ٢٥ متراً فعملت ميزانية على المحور الطولى فى المنطقة التى سينشأ عليها الحوض وكانت القراءات كالآتى:

المسافة بالمتر صفر ٥ ١٠ ١٥ ٢٠ ٢٥ ٣٠ ٣٥ ٤٠ ٤٥ ٥٠

المناسيب : ٢٦,٢ ٢٧,٤ ٢٧,٦ ٢٧,٦ ٢٧,٠ ٢٧,١ ٢٧,٤ ٢٦,٨ ٢٦,٦ ٢٦,٢ فإذا كان ارتفاع الحفر في مسافة صفر = ٠ر٧٥ متر وانحدار قاع الحوض ١ : ٢٥ إلى أسفل من مسافة صفر إلى مسافة ٢٥ ثم ١:٥ إلى أسفل من مسافة ٥٠ والمطلوب:

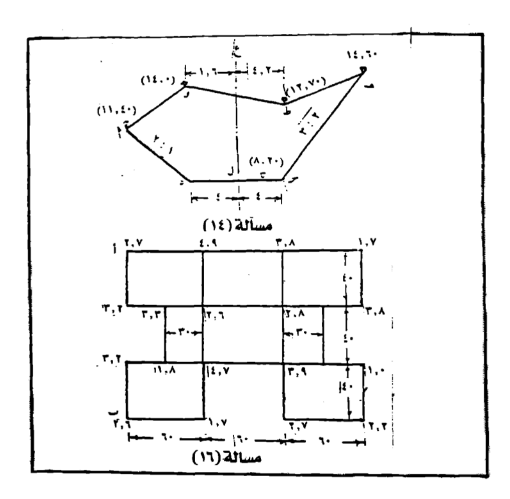
أولاً - رسم القطاع الطولى مبيناً طبيعة الأرض وقاع الحوض . مقياس الرسم ١ : ٢٥٠ أفقى ١: ١٠٠ رأسى.

ثانياً - حساب مكعبات الحفر اللا زم لإنشاء الحوض.

ثالثاً - كمية المياه التى يسعها الحوض إذا ملئ إلى منسوب ٢٦ر٤ .

رابعًا - منسوب الماء إذا ملئ إلى نصف سعته.

خامساً - مسطح البلاط القيشانى لتغطية جوانب وقاع الحوض.



١٨- قاعدة من الخرسانة لها قاعدتان عبارة عن مثلثين متوازيان العليا أضلاعه ١٣ ، ١٢ ، ٥ متراً وأضلاع القاعدة السفلى المقابلة لها ٥ر٦ متر ، ٦ ، ٣ متراً على الترتيب . أوجد حجم الخرسانة المطلوبة بطريقة المنشور المجسم .

١٩- أخذت المناسيب الأتية فى ميزانية على محور جسر يراد إنشاؤه فى أرض زراعية.

مسافة (متر) صفر ١٥٠ ٣٠٠

مناسيب (متر) صفر ٤٠ر٢ ٧٠ر٨

فإذا كان ارتفاع ابتداء الجسر = ٧٠ر٢ م وميله إلى أعلى بمقدار ١: ١٥٠ ،

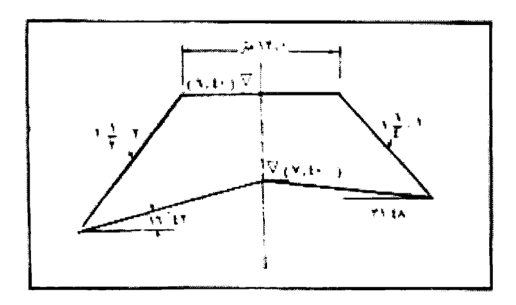
والميول الجانبية ٣ : ٤ وعرض الجسر ٦ متر. ميل الأرض الطبيعى أفقى.

أ- ارسم القطاع الطولى بمقياس رسم مناسب (تملأ ورقة الربعات) لكل من المسافات الأفقية والرأسية مع بيان كيفية اختيار المقياس.

ب - كمية الأتربة فى كل منطقة الحفر والردم. علماً بأن حجم الأتربة يزداد بمقدار ٢٥ فى المائة بعد الحفر.

جـ - ثمن الأرض المنزوع ملكتيها لإقامة الجسر إذا علم أن ثمن المتر المربع من الأرض ٢٥٠ قرشاً.

٢٠ - جسر دائرى كامل نصف قطر انحناؤه ٢٠٠ متر . فإذا كان متوسط شكل قطاعات الجسر كما هو مبين أوجد مقدار الأتربة اللازمة لإنشاء هذا الجسر.



٢١- يراد إنشاء خزان من الخرسانة لتنقية المياه مسقطه الأفقى مستدير، القطر الداخلى لحافته العليا ١٥ م . سمك الجدار الخرساني عند الحافة العليا ٣٠و٠ م ، عمق الخزان ٤ر٥ م. سطح الجدار الخلفى (الخارجي) رأسى والأمامى

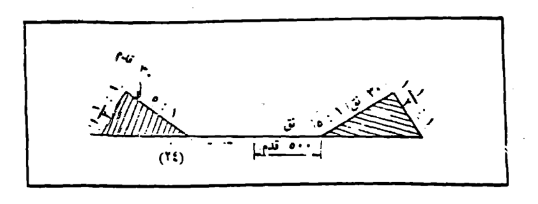
أو الداخلى يميل بمقدار واحد أفقى إلى ٦ رأسى . احسب حجم الحائط وحقق النتيجة.

٢٢- منخفض رسمت خطوط الكونتور له وكانت المساحة المحصورة داخل كل خط بالبلانيمتر فكانت كالآتى:

كونتور ١٨ = ٣٠ م٢	كونتور ١٩٫٥ = ١٢٠ م٢
كونتور ٢١ = ٢٩٥ م٢	كونتور ٢٢٫٥ = ٧٤٠ م٢
كونتور ٢٤ = ١٥٠٠ م٢	كونتور ٢٥٫٥ = ٢٠٠٠ م٢
كونتور ٢٧ = ٥٥٠٠ م٢	

فإذا أريد تسوية الأرض علي منسوب ٢٦٫٤ فما مقدار الأتربة اللازمة مستعملا القوانين المختلفة مع التعليق على نتائج هذه الطرق وأذكر أيها أدق فى هذه الحالة.

٢٣- يراد إنشاء طريق للدراجات على أرض مستوية حسب التصميم المبين فى الشكل . أوجد حجم الأتربة المطلوبة بالياردات المكعبة.



٢٤ - الشكل يبين قطاعين فى طريق عند المسافة صفر ، ١٠٠ متراً . أوجد الأتربة اللازمة لإنشاء الجسر فى المسافة الخاصة بالجزء بين ٤٠ ، ١٠٠

متراً كم يكون الحجم لو فرض أن ميل الأرض عند قطاع ١٠٠ هو ٣٥°
استعمل قانون المنشور المجسم.

٢٥- احتاج الأمر فى مشروع لتوليد كهرباء من قوى مائية إلى خزان لخزن مياه قدرها ١٢٥٫٠٠٠٫٠٠٠ قدم مكعب بين أوطى وأعلى منسوب للتخزين.

والجدول التالى يبين المساحات بين الخطوط الكونتورية وأمام الخزان:

المنسوب	المساحة	المنسوب	المساحة
٣٠٠	٣١٢٦٠٠	٢٦٠	١٩٢٢٠٠٠
٢٩٠	٢٦٢٥٠٠٠	٢٥٠	١٧٥٩٠٠٠
٢٨٠	٢٤٧٤٠٠٠	٢٤٠	١٢٧٦٠٠٠
٢٧٠	٢٢٠٨٠٠٠	٢٣٠	٢٥٠٠٠
		٢٢٠	٢٤٤٠٠

فإذا كان أوطى منسوب للتخزين ٢٢٣٫٧٠ احسب:

أولاً - منسوب المياه عندما يكون الخزان ممتلئاً.

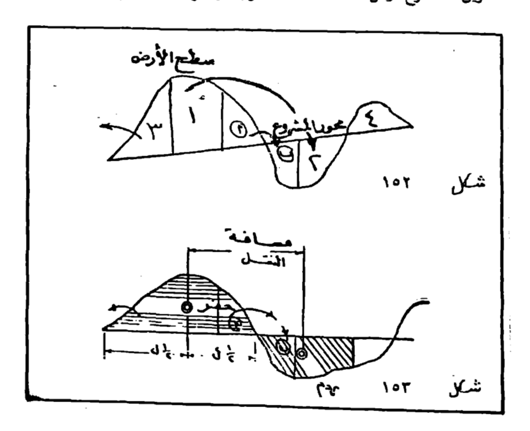
ثانياً - مسوب المياه عندما يكون ممتلئاً بمقدار ٦٠ فى المائة من سعته الكلية .

الباب العاشر

كميـــات النقـــل

Haul

عند إنشاء خطوط السكك الحديدية وشبكات الطرق الجديدة يجب مراعاة أن تكون محاور هذه المشروعات ذات ميول محددة ويجب عدم تجاوزها حتى يمكن للقطارات والسيارات أن تجرى عليها بسرعتها التصميمية . وعند تنفيذ ذلك ستواجهنا مشكلة إجراء عمليات حفر وردم على طول هذه المحاور وفى المساحات التمهيدية لمشروعات الطرق والسكك الحديدية تعمل قطاعات طولية تبين سطح الأرض الطبيعية وسطح الإنشاء - (شكل ١٤٣) وقطاعات عرضية تبين مقطع الطريق المقترح، ومن هذه القطاعات الطولية والعرضية تحسب كميات الحفر



والردم اللازمة لتنفيذ المشروع. كما تساعد هذه القطاعات على كيفية توزيع هذه الكميات من الأتربة بحيث تنقل الأتربة ناتج الحفر فى القطوع إلى مناطق الردم لتنفيذ الجسور ، ومنها نستطيع أن نبين الكميات التي نستطيع نقلها إما بالعمال أو البلدوزرات وهى ما نطلق عليه كميات النقل المسموح ، مثل نقل الكمية (أ) إلى (ب) فى شكل (١٤٣) . كذلك من هذه القطاعات يمكن تحديد الكميات التى ستنقل بواسطة وسائل النقل وهى ما نطلق عليها النقل الزائد مثل نقل الكمية (١) إلى (٢) فى شكل (١٤٣). كما أنه من هذه القطاعات يمكننا تحديد ما إذا كنا فى حاجة إلى نقل كميات من الأتربة خارج منطقة العل مثل الكمية (٣) فى شكل (١٤٣) لعدم الحاجة إليها في عمليات الردم (استهلاك) . أو كنا فى حاجة لأتربة من خارج الموقع لتكملة تنفيذ ردم الجسور (قرض).

مسافة النقل (Haul Distance):

مسافة القل تساوى البعد بين مركز ثقل الحفر ومركز ثقل الجزء من الجسم الذى يملأ هذا الحفر ، وشكل (١٤٣) يبين قطاعاً طولياً لمشروع حيث نجد أن كميات الحفر اللازمة للحصول على سطح الإنشاء يمكن استغلالها لتغطية جزء من كميات الردم المطلوبة ، فتكون مسافة النقل هى المسافة بين مركز ثقل الحفر ومركز ثقل الجزء من الردم الذى يساوى الحفر فى الكمية ويطلق عليها مسافة النقل الكلية ويمكن اعتبار أن مركز ثقل الكمية يقع عند منتصفها أى عند القطاع الذى يحدد نصف الكمية. ففى شكل (١٤٤) مركز ثقل الحفر يقع عند النقطة التي تحدد نصف كمية الحفر ($\frac{١}{٢}$ل) وليس عند منتصف المسافة.

ويمكن تعيين مسافة النقل وكذلك الكميات المنقولة باستخدام منحنى التوزيع الكمى الذى يرسم من واقع بيانات القطاعات الطولية المأخوذة للمشروع.

منحنى التوزيع الكمى (Mass Curve):

منحنى التوزيع الكمي هو منحنى محوره الأفقى يمثل المسافات على محور خط الإشاء (محور الطريق أو الخط الحديدى) وإحداثياته عند أية نقطة عبارة عن كمية الأتربة حتى تلك النقطة . ولإيضاح ذلك نأخذ المثال التالى فى الاعتبار.

مثال:

من واقع بيانات قطاع طولى لمشروع مقترح لإنشاء طريق ومن واقع القطاعا ت العرضية المأخوذة عليه حسبت كميات الأتربة اللازمة لتنفيد المشروع فكانت كما هو مبين فى الجدول الآتى:

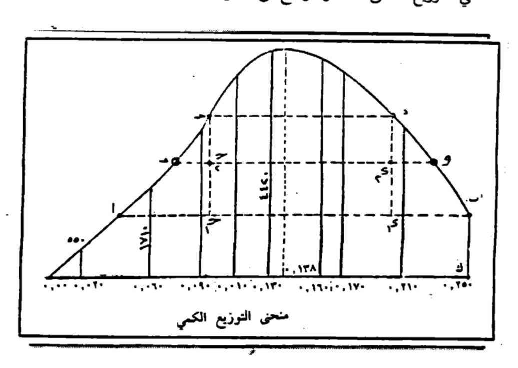
والمطلوب رسم منحنى التوزيع الكمى لهذه الكميات.

الحل:

شكل (١٤٤) يبين منحنى التوزيع الكمى المطلوب وفيه المحور الأفقى يمثل المسافات ، والإحداثيات الرأسية تمثل كمية الأتربة الكلية المحسوبة حتى أى قطاع لكمية الحفر عند البداية = صفر وعند الكيلو ٠ر٠٢٠ يصبح ما لدينا من أتربة ٥٥٠ م٣ وعند الكيلو ٠ر٠٦٠ تزداد الكميـة إلى ١٧١٠ م٣ وعند الكيلو ١ر٣٠٠ يكون ما لدينا من مادة قد بلغ ٤٤٢٠ م٣ وهو نهاية الحفر تقريباً.

القطاع عند الكيلو متر	ردم (م٣)	ردم (م٣)
٠,٠٠٠		٥٥٠
٠,٠٢٠		١١٦٠
٠,٠٦٠		١١٤٠
٠,٠٩٠		١٠٥٠
٠,١١٠		٦٩٩
٠,١٣٠	٨٠	١١٠
٠,١٦٠	٥٢٥	
٠,١٧٠	٢١٥	
٠,٢١٠	١٠٤٠	
٠,٢٥٠	١٦٢٠	

وعند القطاع ١٫٦٠ يكون ما لدينا من مادة قد بلغ ٤٠٨٥ م٣ وعند القطاع الطولى ١٫١٧٠ تكون الكمية الكلية (حفر - ردم) مساوية ٣٨٧٠ م٣ وعند نهاية المشروع تكون الكمية الكلية ١٢١٠ م٣ وهو إحداثى موجب في المنحنى يدل على أن هناك كميات أتربة فائضة ناتجة عن الحفر الذى يزيد فى الحجم عن الردم بمقدار ١٢١٠ م٣ ويجب استهلاكها. وإذا وصلت هذه النقط بمنحنى نحصل على منحني التوزيع الكمى كما هو موضح فى شكل (١٤٥).

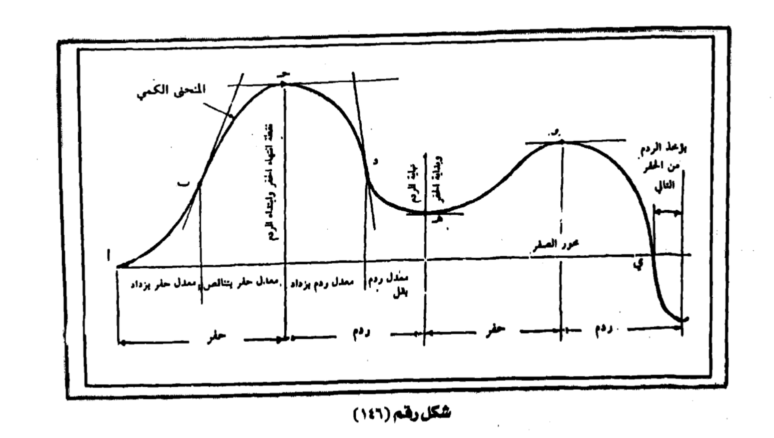


شكل رقم (١٤٥)

خصائص منحنى التوزيع الكمي:

شكل (١٤٦) يوضح منحنى توزيع كمي مرسوم من واقع بيانات خاصة بمشروع إنشاء خط سكة حديد. ومن الشكل يمكن ذكر الخواص الآتية لمنحنى التوزيع الكمي:

١- إذا أخذ ميل منحنى التوزيع الكمي فى الازدياد دل ذلك على أن معدل الحفر آخذ في الازدياد (من أ إلى ب).


المنحنى الكمي
نقطة انتهاء الحفر وابتداء الردم
نهاية الردم
وبداية الحفر
محور الصفر
بواسطة الردم
من الحفر
التالي
معدل حفر يزداد
معدل حفر يتناقص
معدل ردم يزداد
معدل ردم يقل
حفر
ردم
حفر
ردم

شكل رقم (١٤٦)

٢- إذا قل الميل دل ذلك على أن معد ل الحفر يتناقص.

٣- إذا وصل الميل إلى صفر دل ذلك على أننا وصلنا إلى نقطة نهاية حفر وبداية ردم أو العكس (عند جـ ، هـ ، و).

٤- إذا قطع المنحنى خط الصفر دل ذلك على أن المادة قد تعادلت حتى تلك النقطة أى تساوى حفرها وردمها (عند ى).

٥- إذا انخفض المنحنى عن خط الصفر دل ذلك على أننا فى احتياج إلى مادة نجلبها من الجزء التالى وهكذا.

٦- إذا كان ميل منحني التوزيع الكمى موجباً (المنطقة أ جـ والمنطقة هـ و) دل ذلك على حفر، وإذا كان سالباً دل ذلك على ردم (المنطقة جـ د هـ والمنطقة و ى إلى آخر المنحنى).

٧- إذا كانت إحداثيات المنحنى موجبة دل ذلك على وجود المادة بالمنطقة وإن كانت سالبة دل ذلك على الاحتياج إلى المادة.

٨- إذا سار المنحنى أفقيا لجزء من طول الخط دل ذلك على أن الخط يتأبط سطح الأرض فى ذلك الجزء.

٩- إذا انتهى المنحنى بحيث كان إحداثياً موجباً دل ذلك على وجود مادة زائدة يقتضى استهلاكها كما فى اشكل (١٤٥).

١٠- إذا انتهى المنحنى بحيث كان آخر إحداثى سالباً دل ذلك على الحاجة إلى مادة يتحتم اقتراضها كما فى شكل (١٤٦).

النقل المسموح والنقل الزائد (Free Haul and Over Haul):

عند وضع شروط العطاء لإقامة أساس سكة حديد أو طريق مثلاً نحدد مسافة النقل المسموح وهى المسافة التى ينقل فى حدودها المتر المكعب من الحفر إما يدوياً أو بواسطة البلدوزرات ، فإذا زاد النقل عن هذه المسافة سمي بالنقل الزائد حيث تنقل المادة بالعربات ويحدد سعر النقل الزائد على أساس سعر النقل المسموح مضافاً إليه تكاليف النقل عن كل ٥٠ متر زيادة أو أكثر حسب الاتفاق.

مسافة النقل المسموح (Free Haul):

المقصود بالنقل المسموح هو نقل الكمية بدون استعمال العربات حيث تنقل الكميات من مناطق الحفر إلى مناطق الردم المجاورة لها مباشرة (من أ إلى ب فى شكل (١٤٤). ويتحدد طول النقل المسموح تبعاً لطريقة النقل ونوع مادة الحفر وكذا اتساع العملية وعادة تتراوح بين ١٠٠ إلى ٣٠٠ متر.

تعيين مسافات النقل الزائد:

ولتعيين مسافات النقل المسموح والنقل الزائد وكذلك مركز ثقل كل من كميتى الحفر والردم نتبع الخطوات التالية (انظر شكل (١٤٥).

١- إذا انتهى المنحنى بإحداثى موجب (استهلاك) نرسم من نهاية المنحنى (من نقطة ب) الخط ب أ موازياً للمحور الأفقى ليقطع المنحنى فى (أ) ويكون هذا الخط (ب أ) هو محور الصفر وتكون ا لمسافة العمودية (ب ك) هى قيمة الاستهلاك.

٢- تحدد مسافة النقل المسموح بالخط جـ د حسب المواصفات أو ما يتفق عليه.

٣- وبإسقاط د ، جـ على الخط ب أ تتحدد نقتى د١ ، جـ ١ وبتنصيف كل من د د١ ، جـ جـ١ فى جـ٢ ، د٢ نحصل على الخط د٢ ، جـ٢ ليقابل المنحنى فى هـ ، و.

٤- النقطتان هـ ، و هما عبارة عن مركزى الكميتين أ جـ جـ١ ، د د ب١ اللتان ستنقلان نقلاً غير مسموح وبذا تكون المسافة هـ و هى مسافة النقل غير المسموح.

٥- الكمية أ جـ جـ١ سوف تنقل من هـ إلى و لإتمام الردم.

٦- مسافة النقل الزائد هى (هـ و - د جـ) ومنها يمكن تعيين كمية النقل الزائد.

كمية النقل الزائد = الحجم جـ جـ١ X مسافة النقل الزائد.

٧- لتحديد مسافة النقل الكلية ينصف الإحداثى الرأسى من قمة المنحنى

وحتى الخط أ ثم يرسم من نقطة المنتصف خط يوازى المحور فيقطع الجزء الأيمن من المنحنى فى نقطة هى مركز ثقل الردم ويقطع الجزء الأيسر من المنحنى فى نقطة ثانية هى مركز ثقل الحفر الذى يساوي الردم. المسافة الأفقية بين النقطتين هى مسافة النقل الكلية.

٨- كمية الأتربة التى ستنقل نقلاً مسموحاً تعين بالأحداثى الرأسى من قمة المنحنى وحتى د جـ.

٩- نقطة (أ) تحدد القطاع الفاصل بين الكمية المستهلكة من الحفر وبين الكمية التى ستستغل من الحفر في عمليات الردم.

١٠- لتحديد بعد مركز ثقل الكمية المستهلكة من بداية المشروع ينصف الإحداثى الرأسى الواصل من نقطة (أ) وحتى المحور. ومن نقطة التنصيف نرسم خطاً أفقياً يقطع المنحنى فى نقطة هى مركز ثقل الكمية المستهلكة وبالتالى يمكن حساب بعد هذا المركز عن البداية.

مثال:

حسبت كميات الحفر والردم على طول قطاع طولى لطريق مقترح وكانت كما هو مبين في الجدول الآتى:

المسافة من أول مشروع (قدم)	الحفر (١٠٠ قدم^3)	الردم (١٠٠ قدم^3)
صفر		
١٠٠	٢,٠٠	
٢٠٠	٧,٦٠	
٣٠٠	١٦,٨٠	
٤٠٠	٦,٢٠	
٥٠٠	١,٠٠	
٦٠٠		١,١

٧٠٠	٣,٥٠
٨٠٠	٦,٠٠
٩٠٠	٧,٨٠
١٠٠٠	٦,٩٠
١١٠٠	٤,٠٠
١٢٠٠	١,٢٠

ارسم منحنى التوزيع الكمي وعين كمية الأتربة المستهلكة أو المقترضة ثم أوجد مسافة النقل الزائدة وكمية النقل الزائدة والنقل المسموح إذا كانت مسافة النقل المسموح بها هى ٣٠٠ قدم . حدد أيضاً بعد القطاع الذى ينتهى عنده الاستهلاك أو يبتدئ عنده القرض عن بداية المشروع.

الحل:

تحسب أولاً إحداثيات المنحنيات من واقع المعطيات.

المسافة	الكمية الكلية	المسافة	الكمية الكلية
صفر	صفر	٧٠٠	٢٩٩٠
١٠٠	٢٩٠ +	٨٠٠	٣٣٩٠
٢٠٠	١٠٥٠ +	٩٠٠	١٦١٠
٣٠٠	٢٧٣٠ +	١٠٠٠	٩٢٠
٤٠٠	٣٣٥٠ +	١١٠٠	٥٢٠
٥٠٠	٣٤٥٠ +	١٢٠٠	٤٠٠
٦٠٠	٣٣٤٠ +		

شكل (١٤٧) يمثل المنحنى بعد رسمه. ومن واقع المنحنى نجد أن هناك إحداثى موجب عند نهايته أى أن هناك استهلاك وقيمته تساوى قيمة الإحداثى وعليه:

كمية الأتربة المستهلكة = ٤٠٠ قدم٣.

وكان من الممكن حساب مقدار الاستهلاك من الفرق بين كميتى الحفر والردم. من نهاية المنحنى نرسم خط أفقى يقطع المنحنى فى نقطة (أ) فيكون هو خط الصفر. نقطع المنحنى بخط أفقى بمسافة ٣٠٠ قدم وهى مسافة النقل المسموح به فتحدد النقطتان جـ ، د ثم نحدد النقطتين جـ ١ ، د١ على خط الصفر وبتنصيف المسافة جـ جـ١ ، د د١ نحصل على خط يوازى خط الصفر يقطع المنحنى فى نقطتين هـ ، و يمثلان مركزى الكميتين أ جـ جـ١ ، ب د د١.

مسافة النقل غير المسموح = هـ و = ٨٨٠ - ٢٤٠ = ٦٤٠ قدم

مسافة النقل الزائد = مساحة النقل الكلية - مسافة النقل المسموح

= ٦٤٠ - ٣٠٠ = ٣٤٠ قدم

كمية النقل الزائد = الحجم x مسافة النقل الزائد.

= الإحداثى جـ جـ x ٣٤٠ = ٩٣٥٠٠٠ قدم٣

= ٥ر٩٣ وحدة نقل

حيث وحدة النقل = نقل حجم قيمته ٠٠٠ر١٠ قدم٣ مسافة مقدارها قدم واحد.
بعد القطاع الذى يحدد نهاية الكمية المستهلكة عن بداية المشروع = ١٢٠ قدم.

مثال:

حسبت كميات الحفر والردم من واقع قطاعات عرضية مأخوذة كل ١٠٠ متر على محور طريق الإنشاء فكانت كما يلى فى الجدول التالى:

ارسم منحنى التوزيع الكمى لهذه الكميات ووضح عليه كميات النقل المسموح إذا كانت مسافة النقل المسموح ١٥٠ متر ، حدد أيضاً كميات القرض أو الاستهلاك وبعد مركز ثقلها عن بداية المشروع وكميات الأتربة التى ستنقل نقلاً زائدا ومراكز ثقلها ومسافات نقلها الكلى ونقلها الزائد.

القطاع	حفر (م³)	ردم (م³)
صفر	٦٠٠	
١٠٠	١٥٠٠	
٢٠٠	١٧٠٠	
٣٠٠	٨٠٠	
٤٠٠		٤٠٠
٥٠٠		٢٠٠٠
٦٠٠	١١٠٠	
٧٠٠	١٥٠	
٨٠٠	٤٥٠	
٩٠٠	١٠٠٠	
١٠٠٠	٢٥٠	
١١٠٠		١١٠٠
١٢٠٠	١٢٥٠	
١٣٠٠	٦٥٠	
١٤٠٠		

الحل: أولاً - حساب إحداثيات المنحنى :

تحسب إحداثيات المنحنى على أساس تجميع الكميات من أول المشروع إلى القطاعات المختلفة كما يلي:

القطاع	حفر (م³)	القطاع	الكمية (م³)
صفر	صفر		
١٠٠	٦٠٠	٨٠٠	١٢٥٠

١٧٠٠	٩٠٠	٣٤١٠	٢٠٠
٢٧٠٠	١٠٠٠	٣٨٥٠	٣٠٠
٢٩٥٠	١١٠٠	-٥٦٠	٤٠٠
١٨٥٠	١٢٠٠	-٤٢٠	٥٠٠
٣٠٠ -	١٣٠٠	٢٢٠	٦٠٠
٩٥٠ -	١٤٠٠	١١٠٠	٧٠٠

ثانياً - رسم المنحنى :

رسم المنحنى باعتبار المحور الأفقى ممثلاً للمسافات بالمتر والرأسى ممثلاً للكميات بالمتر المكعب . من الرسم نجد أن للمنحنى قمتين وبطن وهذا دليل على وجود كميات حفر حتى القمة الأولى ثم ردم من القمة الأولى وحتى البطن ثم حفر من البطن وحتى القمة الثانية ثم ردم من القمة الثانية حتى نهاية المشروع. ومن المنحنى نجد أن آخر إحداثى بالسالب أى أن هناك قرض بمعنى أن كميات الحفر الكلية لا تعطى كميات الردم المطلوبة فيجب الحصول على أتربة من خارج الموقع لتغطية النقص.

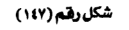
ثالثاً - النتائج :

لتحديد كميات النقل المسموح أخذت خطوط أفقيه بطول مسافة النقل المسموح (١٥٠ م) على كل من القمة الأولى (المسافة AB) وعلى البطن المسافة (CD) وعلى القمة الثانية لمسافة (EF) فتكون الإحداثيات الرأسية المحصورة من هذه الخطوط وحتى القمة (أو البطن) هى عبارة عن كمية الأتربة التى ستنقل نقلاً مسموحاً وعلى هذا يكون :

كمية الأتربة الأولى المنقولة نقلاً مسموحاً (١) = ٣٠٠ م^3

كمية الأتربة الثانية المنقولة نقلاً مسموحاً (٢) = ٢٠٠ م^3

كمية الأتربة الثالثة المنقولة نقلاً مسموحاً (٣) = ٣٥٠ م^3



شكل رقم (١٤٧)

أى أنه بالنسبة للمنطقة الأولى سيأخذ عن الحفر وابتداء من القطاع عند النقطة A كمية قدرها ٣٠٠ م٣ ستنقل يدوياً أو بالبلدوزرات نقلاً مسموحاً إلى منطقة الردم وحتى القطاع B - كذلك هناك كمية أتربة قدرها ٢٠٠ م٣ ستنقل نقلاً مسموحاً من منطقة الحفر الثانية ابتداء من القطاع عند D إلى منطقة الردم الأولى وحتى القطاع عند C وهناك كمية ثالثة قدرها ٣٥٠ م٣ ستنقل نقلاً مسموحاً من منطقة الحفر الثانية ابتداء من القطاع عند E إلى منطقة الردم الثانية وحتى القطاع عند F كما هو موضح في الكروكي الذى يمثل القطاع الطولى للمشروع وموضحاً عليه أماكن الحفر والردم. (شكل (١٤٨).

ومن المنحنى نجد أن هناك كمية أتربة في منطقة الردم الأولى محصورة من القطاع عند B وحتي القطاع عند C يجب أن تنقل من الأتربة ما يناظرها من منطقة الحفر الأولى ، ولإجراء ذلك نمد خطاً أفقياً من نقطة C علي المنحنى يقطعه فى نقطة C (القطاع فى منطقة الحفر الذى سنبدأ منه نقل الأتربة إلى منطقة الردم) . وبذا فإن كمية الأتربة فى الحفر المحصورة بين القطاعين A , G ستنقل نقلاً غير مسموح به لتغطى كميات الردم المطلوبة بين القطاعين C, B . ومن الرسم فى هذه الكمية هى الإحداثى الرأسى المحصور بين الخطين الأفقيين BA, CG [الإحداثى (٤)].

أى أن (٤) = ٣٠٠٠ م٣

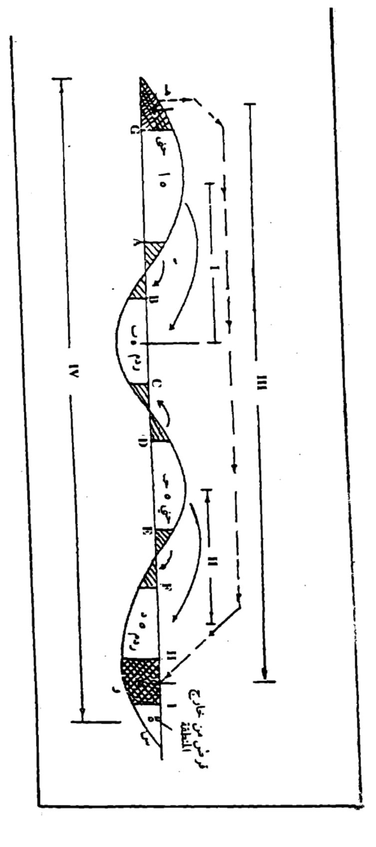
وتكون مسافة النقل الكلية لهذه الكمية هى المسافة I من مركز ثقل جزء الحفر (أ) إلى مركز ثقل جزء الردم (ب) حيث :

I= ٣٣٥ متر (شكل ١٤٩).

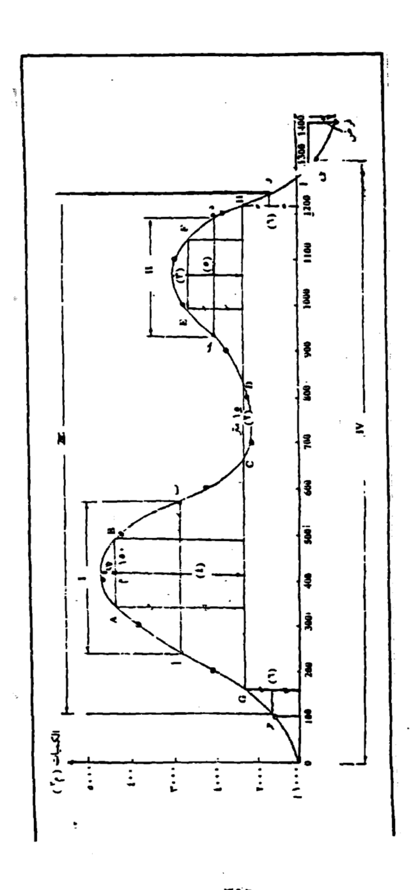
وبذا فإن مسافة النقل الزائد لهذه الكمية = ٣٣٥ - ١٥٠ = ١٨٥ متر

ومن المنحنى والكروكى نجد أن هناك كمية حفر محصورة من القطاع D وحتى القطاع E تناظر كمية ردم محصورة من القطاع F وحتى القطاع H - هذه الكمية تحدد بالإحداثى الرأسى (٥) المحصورة بين الخطين الأفقيين EF , HD وعليه فإن :

(٥) = ١٣٠٠ م٣



شكل رقم (١٤٨)



0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
1100
1200
1300
1400
I
II
III
IV
A
B
C
D
E
F
G

شكل رقم (١٤٩)

وتكون مسافة النقل الكلية لهذه الكمية ستنقل نقلاً غير مسموح هى المسافة بين مركزى ثقل الكميتين (جـ ، د) إلى المسافة II أى أن:

II = ٢٦٠ متر

وبذا فإن مسافة النقل الزائد لهذه الكمية = ٢٦٠ - ١٥٠ = ١١٠ متر.

ومن المنحنى والكروكي نجد أن كميات الأتربة الناتجة من أول المشروع عند G تساوى كميات الأتربة المطلوبة للردم من أول القطاع H وحتى القطاع I. هذه الكمية تساوي الإحداثى (٦) حيث :

(٦) = ١٣٠٠ م^{3}

وعليه تكون مسافة النقل الكلية لهذه الكمية هى المسافة بين مراكز ثقل الكميتين فى الحفر والردم (هـ ، و) أى المسافة III حيث :

III = ١١٣٥ متراً.

وهذه المسافة مسافة نقل غير مسموح.

ومن المنحنى نجد أن قيمة القرض هى ٩٥٠م^{3} وبعد مركز هذه الكمية س عن بداية الشروع هو البعد IV الذى يساوى:

IV = ١٣١٥ متر.

مسائل

١- حسبت كميات الحفر والردم بالمتر المكعب على طول قطاع طريق مقترح وكانت كما هو مبين بالجدول الآتى:

ارسم منحنى التوزيع الكمي وعين منه مقدار الأتربة المستهلكة أو المقترضة ثم عين كمية الأتربة التى سوف تنقل نقلاً مسموحاً به إذا كانت مسافة النقل المسموح هي ١٢٠ متر.

وما هى الكمية التى سوف تنقل نقلاً زائدا وما هى مسافة النقل الكلية لها ومسافة النقل الزائد.

حدد بعد مركز ثقل الكمية المستهلكة أو المقترضة عن بداية المشروع.

مسافة (متر)	حفر ($م^3$)	ردم ($م^3$)
صفر		
١٠٠	٣٥٠	
٢٠٠	٥٥٠	
٣٠٠	٧٠٠	
٤٠٠	٢٥٠	
٥٠٠		١٥٠
٦٠٠		٣٥٠
٧٠٠		٤٥٠
٨٠٠		٦٦٠

٢- حسبت كميات الحفر والردم من واقع قطاعات عرضية مأخوذة كل ١٠٠ متر علي محور طريق تحت الإنشاء فكانت :

القطاع	حفر ($م^2$)	ردم ($م^2$)	القطاع	حفر	ردم
صفر			٧٠٠		
	٦٠٠			١٥٠	
١٠٠			٨٠		
	١٥٠٠			٤٥٠	
٢٠٠			٩٠٠		
	١٧٠٠			١٠٠٠	

القطاع	حفر(م٣)	ردم(م٣)	القطاع	حفر	ردم
٣٠٠			١٠٠٠		
	٨٠٠			٢٥٠	
٤٠٠			١١٠٠		
		٤٠٠			١١٠٠
٥٠٠			١٢٠٠		
		٢٠٠٠			٢١٥٠
٦٦٠			١٣٠٠		
		١١٠٠			٦٥٠
٧٠٠			١٤٠٠		

ارسم منحنى التوزيع الكمي لهذه الكميات ووضح عليه كميات النقل المسموح إذا كانت مسافة النقل المسموح ١٥٠ تر - حدد أيضاً كميات القرض أو الاستهلاك وبعد مركز ثقلها عن بداية المشروع وكميات الأتربة التى ستنقل نقلاً زائدا ومراكز ثقلها ومسافات نقلها الكمى ونقلها الزائد.

٣- من المعلومات التالية ارسم منحنى التوزيع الكمي (Mass Diag.) وإذا كانت مسافة النقل المسموح بها ٥٠٠ متر . فبين مقدار النقل الزائد على الشكل. وبين إذا كانت هناك كميات مستهلكة أو اقتراض وما هي قيمتها.

٤- حسبت كميات الحفر والردم علي قطاع طولي أخذ على محور طريق على مسافات كل ٥٠٠ متر فكانت كالتالى (+ حفر - ردم).

قطاع صفر ١ ٢ ٣ ٤ ٥ ٦ ٧ ٨ ٩ ١٠

الكمية × ٣٠٠ م٣ ٣,٧ ٩,١ ١٥,٠ ١٣,٩ ٦,٤ ١,٤ - ٥,٦ -

١٩,٤ - ١٨,٩ - ٥,٦ -

الكيلومتر	حفر (م٣)	ردم (م٣)	الكيلومتر	حفر (م٣)	ردم (م٣)
صفر			٠,٦٠٠		
	٢٣٨			١٤٧	
٠,١٠٠			٠,٧٠٠		
	٤١٦			٢٥٢	
٠,٢٠٠			٠,٨٠٠		
	٥٩٢			٢١٠	
٠,٣٠٠			٠,٩٠٠		
	١٠٣				٩٠٥
٠,٤٠٠			١,٠٠٠		
		١٢٦			٦٨٣
٠,٥٠٠			١,١٠٠		
		٢٤٤			
٠,٦٠٠					

انقل رسم منحنى التوزيع الكمي ومنه عين كمية النقل الزائدة إذا كانت مسافة النقل المسموح به هى ١٥٠ متراً . أوجد تلك الكمية المنقولة فى حدود مسافة المشروع مقدرة بوحدة النقل.

الباب الحادى عشر

المساحـــة التاكيومتريـــة

Tacheometry

يتلخص موضوع القياس التاكيومترى فى تحديد المسافات الأفقية والأبعاد الرأسية بين النقط المختلفة من واقع أرصاد من جهاز يسمى التاكيومتر بطرق سريعة وبدقة مقبولة دون الالتجاء إلى عملية القياس المباشر.

وتعد المساحة التاكيومترية من أهم الطرق الأساسية المتبعة فى القياسات الأفقية والرأسية، ومعنى كلمة (التاكيومترية) هو (القياس السريع).

والتاكيومتر عبارة عن تيودوليت مجهز بتركيبات خاصة لإيجاد المسافات والارتفاعات بإجراء بعض العمليات الحسابية ، وفى بعض الأجهزة يمكن الحصول على المسافات والارتفاعات إما بدون عمليات حسابية على الإطلاق أو بعمليات حسابية بسيطة جداً.

ومع التقدم والتطور فى صناعة الأجهزة المساحية أمكن الحصول على دقة عالية جداً في القياسات التاكيومترية.

أغراض المساحة التاكيومترية:

نستعمل المساحة التاكيومترية في أغراض كثيرة أهمها:

١- رفع وبيان التفاصيل الطبوغرافية للمناطق المتسعة كمناطق التشجير ومصدات الرياح ومناطق استصلاح الأراضى.

٢- عمل خرائط كونتورية خاصة فى الأراضى غير المستوية (ذات الطبوغرافية الوعرة) حيث يصعب بل يستحيل القياس المباشر.

٣- التوقيع المبدئى للأعمال الهندسية وعمل القطاعات الطولية وكذلك تستعمل فى المساحة الهيدروجرافية وفى تعيين معدلات الانحدارات للمشاريع الممتدة.

٤- قياس أطوال المضلعات حيث تحسب أطوال أضلاعها مع قياس الزوايا بين هذه الأطوال من وضع رصد واحد كما هو الحال فى استعمال قضيب انفار مع التيودوليت الحديث.

٥- تستخدم التاكيومترية بكفاءة عالية فى أعمال المساحة باللوحة المستوية (البلانشيطة) حيث توفر أعمال القياسات الطولية المباشرة وذلك باستخدام اليداد البلانشيطة كجهاز تاكيومتر.

نظريات المساحة التاكيومترية:

ويمكن استنتاج وتحديد المسافة الأفقية بين النقطة المثبت فوقها الجهاز المستعمل وأى نقطة أخرى معلومة وكذلك منسوب هذه النقطة الأخيرة بالنسبة لمستوى سطح الجهاز (أو تحديد فرق المنسوب) من واقع المعلومات التالية:

١- الزاوية المقاسة بواسطة الجهاز والمقابلة لمسافة صغيرة معروفة عند النقطة المعلومة (وهذه الزاوية إما أفقية أو رأسية ويطلق عليها زاوية البرالاكس) والمسافة الصغيرة تعرف (بالقاعدة) أو (المسافة المقطوعة) وهى تتنوع بتنوع الطرق والأجهزة المستخدمة ، فيمكن أن تكون إما مسافة مقطوعة على قامة رأسية أو مسافة أفقية مقروءة على قامة أفقية عند نقطة الهدف أو على نفس الجهاز.

٢- زاوية ارتفاع أو انخفاض النقطة عن موقع الجهاز ، وزاوية البرالاكس يمكن أن تكون ثابتة القيمة أو متغيرة حسب نوع الجهاز والطريقة المستعملة.

والأساس الرياضى للتاكيومترية هو تكوين مثلثات فراغية في مستوي رأسي أو أفقي نحصل منها علي المسافة وفرق النسب بين طرفي الخط المقيس .

طرق المساحة التاكيومترية :

يمكن تقسيم الطرق المستخدمة فى التاكيومتر إلى مجموعتين أساسيتين:

المجموعة الأولى:

هى الطرق التي تكون فيها القاعدة عند وضع الهدف ، وزاوية البرالاكس عند موضع الرصد. وتتميز طرق هذه المجموعة بأن دقتها عالية.

المجموعة الثانية:

وهى الطرق التى تكون فيها القاعدة عند موضع الرصد وزاوية البرالاكس عند موضع الهدف. ويلاحظ أن طرق هذه المجموعة محدودة الدقة.

كلا من المجموعتين تحتوى:

أ - أجهزة التاكيومترية زاوية البرالاكس بها ثابتة القيمة والقاعدة متغيرة.

ب - أجهزة التاكيومترية زاوية البرالاكس بها متغيرة القيمة والقاعدة ثابتة

وسوف نتناول بالشرح الطرق المختلفة لكلا المجموعتين تفصيلاً . وهذه الطرق هى:

طرق وأجهزة المجموعة الأولى:

١- طرق شعرات القياس (شعرات الأستاديا) (Stadia Hair)

وتشمل أجهزة خاصة بها لتبسيط العمليات الحسابية والعمل الحقلى.

٢- طريقة الظلال :(Tangent Method)

والأجهزة الخاصة بها لتبسيط العمليات الحسابية والعمل الحقلى.

٣- طريقة قضيب الأنفار :(Subtense Bar).

٤- طريقة منشور المسافة (Subtense Wedge)

(وتعتمد على نظام الصور المزدوجة) والأجهزة الخاصة بها لتبسيط العميات الحسابية والعمل الحقلى.

طرق وأجهزة المجموعة الثانية:

وجميع أجهزتها تعتمد على نظام الصور المزدوجة

ومن أمثلتها:

١- جهاز التليتوب والأجهزة المشابهة.

وفيه تكون زاوية البرالاكس ثابتة القيمة والقاعدة متغيرة.

٢- جهاز القاعدة المختزل BRT 009 والأجهزة المشابهة الذى فيه كل من زاوية البرالاكس والقاعدة متغيرة.

٣- جهاز تليمتر وجهاز موحد المسافات وجهاز ستريو تليمتر والأجهزة المشابهة وبها تكون زاوية البرالاكس متغيرة والقاعدة إما ثابتة أو متغيرة.

طريقة شعرات الأستاديا

Stadia Hair System

تعتبر طريقة شعرات الأستاديا من أسهل الطرق وأكثرها استعمالاً خاصة فى الأعمال التفصيلية التى لا تتطلب "دقة عالية" وإن كانت دقتها محدودة نظراً لتنوع الأخطاء.

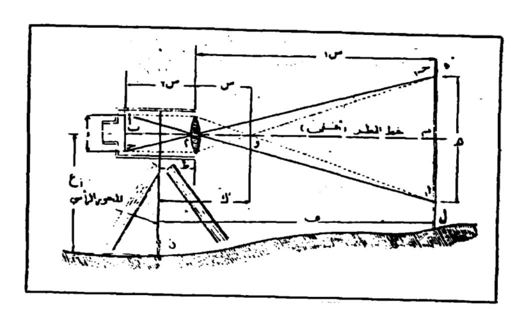
فى هذه الطريقة يستعمل تاكيومتر يزود دليله بشعرتين أفقيتين إضافيتين أعلى وأسفل الشعرة الأفقية الأساسية (عادة أقصر منها فى الطول) وعلى بعدي متساويين من الشعرة الوسطي. ويطلق على هاتين الشعرتين اسم (شعرتى الأستاديا) . ومعظم التيودوليتات العادية وأليداد البلانشيطة مجهزة بمثل هذه الشعرات. ويستعمل مع التاكيومتر قامة عادية مدرجة كالمستعملة فى الميزانية.

وفى طريقة شعرات الأستاديا تؤخذ الأرصاد والقراءات اللازمة لتعيين بعد وارتفاع نقطة بتوجيه منظار الجهاز مرة واحدة إلى قامة رأسية موضوعة فوق هذه النقطة، ثم تؤخذ قراءتا القامة عند شعرتى الأستاديا ومنها يمكن حساب المسافة بين محور المنظار وموقع القامة ، فإذا وضعت القامة على أبعاد مختلفة من المنظار فإن الجزء المقطوع علي القامة والمحصور بين شعرتى الأستاديا يتغير تبعاً لذلك ، ويتوقف مقداره عل بعد القامة من الجهاز وبذا فإن الجزء المقطوع على القامة يعتبر مقياساً للبعد بين القامة والجهاز وزاوية البرالاكس في هذه الحالة ثابتة القيمة.

حساب المسافة والبعد الرأسى:

أولاً - حالة النظرات الأفقية:

وهى الحالة التى لا يكون فيها زوايا ارتفاع أو انخفاض ويكون فيها المنظار أفقياً أى خط النظر أفقياً ، أما الحالة العامة فالمنظار فيها يكون مائلاً ويتطلب الأمر حينئذ قياس زاوية ارتفاع أو انخفاض خط النظر عن الاتجاه الأفقى.



شكل رقم (١٥٠)

لدينا في شكل (١٥٠)

م : المركز البصرى للعدسة الشيئية أ ، جـ : شعرتا الأستاديا.

ب : الشعرة الأفقية الوسطى $أ_1$ ، $ب_1$ ، $جـ_1$: قراءات الشعرات.

س : البعد البؤرى للشيئية.

$س^1$: المسافة الأفقية بين القامة والمركز البصرى للشيئية.

$س^2$: البعد الأفقى بين مركز الشيئية ومستوي حامل الشعرات.

ط : البعد الأفقى بين المركز البصري للشيئية والمحور الرأسى للدوران.

هـ : المسافة المقطوعة على القامة بين شعرتى الأستاديا = $أ_1جـ_1$.

المثلثان $أ_1$ م $جـ_1$، أ م جـ متشابهان:

$$\frac{س^1}{س^2} = \frac{هـ}{د} \qquad (١)$$

ولكن $\frac{1}{س} = \frac{1}{س_1} + \frac{1}{س_2}$ (٢)

حيث $س_1$ ، $س_2$ بعدان لبؤرتين متبادلتين للشيئية .

وبضرب المعادلة (٢) في $س_1$ س ينتج :

$$س_1 = س + \frac{س_1}{س_2} . س \qquad (٣)$$

وبتعويض قيمة : $\frac{س_1}{س_2}$ من المعادلة (١) في المعادلة (٢) ينتج :

$$س_1 = س + س . \frac{هـ}{د} \qquad (٤)$$

وبإضافة ط إلي كل من الطرفين ينتج أن :

$$\boxed{ف = هـ . \frac{س}{د} + (س + ط)} \qquad (١٠٧)$$

حيث $\frac{س}{د}$ ، (س + ط) قيم ثابتة للجهاز .

ويسميان بالثابت التاكيومترى (ث) والثابت الإضافى (ك) على الترتيب والثابت التاكيومتري ث عادة يكون رقماً مناسباً (١٠٠ ، ٢٠٠ ، ٥٠) والثابت الأضافى (ك) يتراوح عادة بين ٣٠ ، ٦٠ سنتيمتر حسب نوع الجهاز.

المسافة الأفقية = الفرق بين قراءتى شعرتى الأستاديا × الثابت التاكيومترى + الثابت الإضافى

ف = ث هـ + ك (١٠٨)

منسوب نقطة القامة = منسوب نقطة الجهاز
+ ارتفاع الجهاز
- قراءة الشعرة الوسطى

منسوب ل = منسوب ن + ع - ب$_{١}$ (١٠٩)

ثانياً - النظرات المائلة:

فى هذه الحالة تؤخذ الأرصاد التالية:

١- قراءات الشعرات الثلاث على القامة.

٢- - (ن) زاوية ارتفاع أو انخفاض خط النظر عن الأفقى أثناء الرصد على القامة .

فى شكلى (١٥١) - (١٥٢) :

م = المسافة المائلة بين المحور الرأسى للجهاز وبين ب$_{١}$ نقطة تقاطع خط النظر مع القامة .

ص = البعد الرأسى بين سطح الجهاز ونقطة ب$_{١}$.

نفرض أن أ$_{٢}$ ب$_{١}$ جـ$_{٢}$ رسم عمودياً على م ب$_{١}$.

وبما أن الزاوية أ$_{١}$ ب$_{٢}$ أ$_{٢}$ = ن ، الزاوية أ$_{١}$ أ$_{٢}$ ب$_{١}$ = ٩٠° تقريباً لأن أ$_{١}$ أ$_{٢}$ ب$_{١}$ = م ب$_{١}$ جـ$_{١}$ - ب$_{١}$ م أ$_{١}$ والزاوية الأخيرة صغيرة جداً ويمكن إهمالها.

فيمكن اعتبار أ$_{٢}$ جـ$_{٢}$ = هـ$_{١}$ جـ$_{١}$ جتا ن = هـ جتا ن

والواقع أن المعادلة الصحيحة دون إجراء التقريب هي:

$هـ_١ = هـ \text{ جتا ن} - (\frac{\text{جا ن}}{\text{جتا ن}} \cdot \text{ظا ي})$ والمقدار بين القوسين يمكن اهماله.

$م = \frac{س}{د} \quad (هـ \text{ جتا ن}) + (س + ط)$

وحيث أن ف = م جتا ن

$\therefore \quad ف = هـ \quad (\frac{س}{د}) \text{ جتا}^{٢} (ن) + ط \text{ جتا ن}$

$$ف = ث \,.\, هـ \text{ جتا}^{٢} \text{ ن} + ك \,.\, \text{جتا ن} \qquad (١١٠)$$

ولإيجاد منسوب النقطة ل (موقع القامة)

ونفرض أن $ع\,ب_١ = ص = ف \text{ ظا ن}$

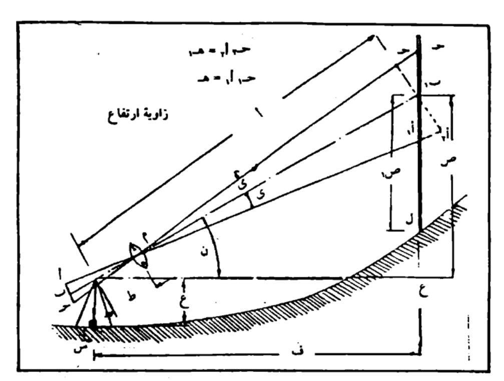
$ص = هـ \,.\, \frac{س}{د} \quad \text{جتا ن جا ن} + (س + ط) \text{ جا ن}$

$ص = ث \,.\, هـ \,.\, \text{جتا ن جا ن} + ك \text{ جا ن}$

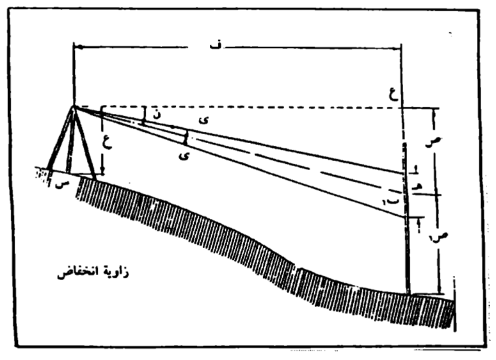
$$ص = \frac{١}{٢} \quad ث \,.\, هـ \,.\, \text{جا ٢ ن} + ك \text{ جا ن} \qquad (١١١)$$

(١١٢)

منسوب نقطة القامة (فى حالة زاوية الارتفاع)
= منسوب نقطة الجهاز + ارتفاع الجهاز (ع)
+ ص - قراءة الشعرة الوسطى ($ص_١$)



شكل ١٦٠



شكل رقم (١٥٢)

= منسوب الجهاز + ارتفاع الجهاز ع - ص - قراءة الشعرة الوسطى $ص_١$.

منسوب نقطة القامة (في حالة زاوية الانخفاض) = منسوب الجهاز + ع - ص - $ص_١$	(١١٣)

مثال:

رصدت قامة موضوعة فوق روبير منسوبه ٨٠.٩٠ م فكانت قراءات الشعرات هي على التوالي ١٫٠٠ ، ٢٫٥٧ ، ٤٫١٤ م وزاوية الانخفاض ٥° ٢٢´ . نقلت القامة إلى نقطة ب فكانت القراءات صفر ، ١٫٨٨ ، ٣٫٧٦ م وزاوية الارتفاع ٤° ١٨´ . أوجد المسافة الأفقية بين الجهاز ونقطة ب وكذلك منسوب ب إذا علم أن الثابت التاكيومترى = ١٠٠ والثابت الإضافي = ٣٠ سم عند الرصد على الروبير.

ص = (٤٫١٤ - ١٫٠٠) ١٠٠ x جا ٤٠´ ١١° + ٠٫٣ جا ٣٢´ ٥°

= ٣٠٫١٣ + ٠٫٠٣ = ٣٠٫١٦ متر

منسوب سطح الجهاز = ٨٠٫٠٠ + ٢٫٥٧ + ٣٠٫١٦ = ١١٢٫٧٣ متر

المسافةالأفقية ف إلى ب = (٣٫٧٦ - صفر) ١٠٠ x $جتا^{٢}$ ١٨´ ٤°

+ ٠٫٣ جتا ١٨´ ٤°.

= ٣٨٤ ر ١٤ متر

عند الرصد على النقطة (ب).

$ص_١$ = ف ظا ن = ٣٨٤ر١٤ ظا ١٨´ ٤°.

= ٣٨٤ر١٤ x ٠٫٧٥٢ = ٢٨٫٨٨ متر

منسوب ب = ١١٢٫٧٣ + ٢٨٫٨٨ - ١٫٨٨ = ١٣٩٫٧٣ متراً .

إيجاد قيم جتا^{2} ن ، جا ن جتا ن :

تستعمل عدة طرق لتبسيط إيجاد القيم المذكورة كما يلى:

١- جداول رياضية.

٢- الآلات الحاسبة : وهى تعطى مباشرة قيم ف ، ص .

جدول المسافة الأفقية وفرق المنسوب:

وهذه الجداول تعطى المسافة الأفقية (ف) وفرق المنسوب (ص) لزوايا ارتفاع أو انخفاض مختلفة بفترات قدرها دقيقتين ابتداء من الصفر حتى ٣٠° وذلك لمسافة مقطوعة على القامة قدرها ١ متر.

ونحصل على المسافة الأفقية (ف) أو فرق المننسوب (ص) وذلك بضرب القيمة المستنتجة من الجدول فى المسافة المقطوعة.

وفى أسفل الجدول نجد قيم الثابت الإضافى لمقادير ٢٠ سم ، ٣٠ سم ، ٤٠سم.

ولكيفية استعمال الجدول ففى المثال السابق لإيجاد ف ، ص نبحث عن ف ، ص للزاوية ١٨َ ٤° ومن الجدول :

ف$_{١}$ = ٩٩٫٤٤ ص$_{١}$ = ٧,٤٨ .

بضرب هذه القيم فى المسافة القطوعة هـ وبإضافة قيمة الثابت الإضافى من الجدول فيكون:

ف = ٩٩٫٤٤ x ٣٫٨٦ + ٠٫٠٣ = ٣٨٤٫١٤ متر.

ص = ٧٫٤٨ x ٣٫٨٦ + ٠٫٠٣ = ٢٨٫٨٨ متر

العدسة التحليلية :(Anallactic Lens)

هى عبارة عن عدسة إضافية موجبة أحد سطحيها محدب والآخر مستوى وتوضع بين الشيئية وحامل الشعرات بغرض التخلص من الثابت الإضافى فى

المعادلات السابقة وذلك بجعله مساوياً للصفر ، ومن ثم تتبسط العمليات الحسابية إلى حد كبير.

تعيين الثابت التاكيومترى والثابت الإضافى:

فى المعادلات التاكيومترية ومشتقاتها يجب أن يكون الثابتان معلومين فى أى جهاز والثابتان يقدران فى المصنع ويكتبان عادة داخل صندوق الجهاز.

والثابت الإضافى ليس ثابتاً تماماً إذ أن (ط) تتغير تغيراً طفيفاً تبعاً لطول النظرات نتيجة لتحرك الشيئية عند التطبيق ويندر أن يتجاوز تحركها كسراً صغيراً من البوصة إذ أن النظرات القصيرة نادرة الحدوث ومن ثم يمكن اعتبار (س + ط) مقداداراً ثابتاً .

وبالرغم من وجود قيمتى الثابتين داخل صندوق الجهاز فإنه يجب قبل العمل أن نعين قيمتيهما الحقيقيين بقدر المستطاع. ولإيجاد قيمة كل من الثابتين نتبع الخطوات التالية:

١- نثبت الجهاز فوق نقطة (أ) مثلاً على أرض مستوية وندق أوتاد أو شوك على أبعاد ٣٠ ، ١٠٠ ، ١٥٠ ، ٢٠٠ متراً وتقاس هذه المسافات بالشريط الصلب بدقة وعناية.

٢- نأخذ قراءات شعرات الأستاديا بعناية تامة على كل قامة عند النقط المختلفة ويفضل أن تكون موضوعة بحيث تواجه الشمس لتظهر واضحة تماماً ، ويراعى عند القراءة أن نمحو خطأ الوضع تماماً عند التطبيق . وفى كل مرة نأخذ مجموعتين من الأرصاد بواسطة شخصين مختلفين للتحقيق ثم يؤخذ المتوسط.

٣- تحسب هـ١ ، هـ٢ ، هـ٣ ، هـ٤ وهى المسافات المقطوعة على القامة فوق النقط المختلفة وإلى أقرب ملليمتر إذ أن الخطأ فى السنتيمتر الواحد فى قراءة القامة يقابله خطأ قدره متراً فى المسافة.

٤- نعوض بالقيم التى حصلنا عليها فى معادلة المسافة الأفقية فنحصل على أربع معادلات آنية المجهول فيها الثابتان $\frac{س}{د}$ ، (س + ط).

٥- إذا لم نتمكن من أخذ نطرات أفقية فنأخذ نظرات مائلة وتطبق المعادلات.

٦- يجب أن نأخذ أكثر من مسافتين للتحقيق.

٧- نحل كل زوج من المعادلات مع بعض فنحصل علي عدة قيم ويجب ألا يختلف عن بعض بأكثر من نصف فى المائة نأخذ متوسط القيم الناتجة لتستعمل فى الجهاز.

٨- إذا كانت الدقة المطلوبة كبيرة يستحسن إيجاد قيمة $\frac{س}{د}$ عدة مرات تحت ظروف جوية مختلفة وفى مختلف ساعات النهار، واختلاف تأثير الانكسار علي قراءتى شعرات الاستاديا يعد مصدر خطأ عام فى إيجاد قيمة $\frac{س}{د}$، ففى المنطقة القريبة من سطح الأرض تتغير كثافة طبقات الهواء بسرعة تبعاً لبعدها عن الأرض وتبلغ ذروة الانكسار في ساعات منتصف النهار بينما يصل الحد الأدنى فى الصباح الباكر وعند الغروب.

	صفر°		١°		٢°		٣°	
دقائق	المسافة الأفقية	فرق المنسوب	المسافة الأفقية	فرق المنسوب	المسافة الأفقية	فرق المنسوب	المسافة الأفقية	فرق المنسوب
٠	١٠٠,٠٠	٠,٠٠	٩٩,٩٧	١,٧٤	٩٩,٨٨	٣,٤٩	٩٩,٧٣	٥,٢٣
٤	١٠٠,٠٠	٠,١٢	٩٩,٩٧	١,٧٦	٩٩,٨٧	٣,٦٠	٩٩,٧١	٥,٣٤
٨	١٠٠,٠٠	٠,٢٢	٩٩,٩٦	١,٩٨	٩٩.٨٦	٣,٧٢	٩٩,٧٠	٥,٤٦
١٢	١٠٠,٠٠	٠,٣٥	٩٩,٩٦	٢,٠٩	٩٩,٨٥	٣,٧٤	٩٩,٦٩	٥,٥٧
١٦	١٠٠,٠٠	٠,٤٧	٩٩,٩٥	٢,٢١	٩٩,٨٤	٣,٧٥	٩٩,٦٨	٥,٦٩
٢٠	١٠٠,٠٠	٠,٥٨	٩٩,٩٥	٢,٣٣	٩٩.٨٣	٤,٠٧	٩٩,٦٦	٥,٨٠
٢٤	١٠٠,٠٠	٠,٧٠	٩٩,٩٤	٢,٤٤	٢٩,٨٢	٤,١٨	٩٩,٦٥	٥,٩٢
٢٨	٩٩,٩٩	٠,٨١	٩٩,٩٣	٢,٥٦	٩٩,٨١	٤,٣٠	٩٩,٦٣	٦,٤٠
٢٣	٩٩,٩٩	٠,٩٣	٩٩,٩٣	٢,٦٧	٩٩,٨٠	٤,٤٢	٩٩,٦٢	٦,١٥
٣٦	٩٩,٩٩	١,٠٥	٩٩,٩٢	٢,٧٩	٩٩,٧٩	٤,٥٣	٩٩,٦١	٦,٢٧
٤٠	٩٩,٩٩	١,١٦	٩٩,٩٢	٢,٩١	٩٩,٧٨	٤,٦٥	٩٩,٥٩	٦,٢٨
٤٤	٩٩,٩٨	١,٢٨	٩٩,٩١	٣,٠٢	٩٩,٧٧	٤,٧٦	٩٩,٥٨	٦,٥٠
٥٢	٩١,٩٨	١,٥١	٩٩,٨٩	٣,٢٦	٩٩,٧٥	٤,٩٩	٩٩,٥٥	٦,٧٣
٥٦	٩٩,٩٧	١,٦٣	٩٩,٨٩	٣,٣٧	٩٩,٧٤	٥,١١	٩٩,٥٣	٦,٨٤
٦٠	٩٩,٩٧	١,٧٤	٩٩,٨٨	٣,٤٩	٩٩,٧٣	٥,٢٣	٩٩,٥١	٦,٩٦
ك = ٢٠	٠,٢٠	٠,٠٠	٠,٢٠	٠,٠١	٠,٢٠	٠,٠١	٠,٢٠	٠,٠١
ك = ٣٠	٠,٣٠	٠,٠٠	٠,٣٠	٠,٠١	٠,٣٠	٠,٠١	٠,٣٠	٠,٠٢
ك = ٤٠	٠,٤٠	٠,٠١	٠,٤٠	٠,٠٢	٠,٤٠	٠,٠٢	٠,٤٠	٠,٠٣

دقائق	٤° المسافة الأفقية	٤° فرق المنسوب	٥° المسافة الأفقية	٥° فرق المنسوب	٦° المسافة الأفقية	٦° فرق المنسوب	٧° المسافة الأفقية	٧° فرق المنسوب
٠	٩٩,٥١	٦,٩٦	٩٩,٤٢	٨,٦٨	٩٨,٩١	١٠,٤٠	٩٨,٥١	١٢,١٠
٤	٩٩,٥٠	٧,٠٧	٩٩,٢٢	٨,٨٠	٩٨,٨٨	١٠,٥١	٩٨,٤٨	١٢,٢١
٨	٩٩,٤٨	٧,١٩	٩٩,٢٠	٨,٩١	٩٨,٨٦	١٠,٦٢	٩٨,٤٧	١٢,٠٢
١٢	٩٩,٤٦	٧,٠٣	٩٩,١٨	٩,٠٣	٩٨,٨٣	١٠,٧٤	٩٨,٤٣	١٢,٤٣
١٦	٩٩,٤٥	٧,٤٢	٩٩,١٦	٩,١٤	٩٨,٨١	١٠,٨٥	٩٨,٤٠	١٢,٥٥
٢٠	٩٩,٤٣	٧,٥٣	٩٩,١٤	٩,٢٥	٩٨,٧٨	١٠,٨٦	٩٨,٣٧	١٢,٦٦
٢٤	٩٩,٤١	٧,٦٥	٩٩,١١	٩,٣٧	٩٨,٧٦	١١,٠٨	٩٨,٣٤	١٢,٧٧
٢٨	٩٩,٣٩	٧,٧٦	٩٩,٠٩	٩,٤٨	٩٨,٨٣	١١,١٩	٩٨,٣١	١٢,٨٨
٣٢	٩٩,٣٨	٧,٨٨	٩٩,٠٧	٩,٦٠	٩٨,٧١	١١,٣٠	٩٨,٢٨	١٣,٠٠
٣٦	٩٩,٣٦	٧,٩٠	٩٩,٠٥	٩,٧١	٩٨,٦٨	١١,٤٢	٩٨,٢٥	١٣,١١
٤٠	٩٩,٣٤	٨,١١	٩٩,٠٣	٩,٨٣	٩٨,٦٥	١١,٥٣	٩٨,٢٢	١٣,٢٢
٤٤	٩٩,٣٢	٨,٢٢	٩٩,٠٠	٩,٩٤	٩٨,٦٣	١١,٦٤	٩٨,١٩	١٣,٣٣
٤٨	٩٩,٣٠	٨,٣٤	٩٨,٩٨	١٠,٠٥	٩٨,٦٠	١١,٧٦	٩٨,١٦	١٣,٤٥
٥٢	٩٩,٢٨	٨,٤٥	٩٨,٩٦	١٠,١٧	٩٨,٥٧	١١,٨٧	٩٨,٠٣	١٣,٥٦
٥٦	٩٩,٢٦	٨,٥٧	٩٨,٩٣	١٠,٢٨	٩٨,٥٤	١١,٩٨	٩٨,١٠	١٣,٦٧
٦٠	٩٩,٢٤	٨,٦٨	٩٨,٩١	١٠,٤٠	٩٨,٥١	١١,١٠	٩٨,٠٦	١٣,٧٨
ك = ٢٠	٠,٢٠	٠,٠٢	٠,٢٠	٠,٠٢	٠,٢٠	٠,٠٢	٠,٢٠	٠,٠٣
ك = ٣٠	٠,٣٠	٠,٠٣	٠,٣٠	٠,٠٣	٠,٣٠	٠,٠٣	٠,٣٠	٠,٠٤
ك = ٤٠	٠,٤٠	٠,٠٣	٠,٤٠	٠,٠٤	٠,٤٠	٠,٠٥	٠,٤٠	٠,٠٥

تابع جداول المسافة الأفقية وفرق المنسوب

دقائق	٨°		٩°		١٠°		١١°	
	المسافة الأفقية	فرق المنسوب	المسافة الأفقية	فرق المنسوب	المسافة الأفقية	فرق المنسوب	المسافة الأفقية	فرق المنسوب
٠	٩٨,٠٦	١٣,٧٨	٩٧,٥٥	١٥,٤٥	٩٦.١٨	١٧.١٠	٩٦.٣٦	١٨,٧٣
٤	٩٨,٠٣	١٣,٧٩	٩٧,٥٢	١٥,٥٦	٩٦,٩٤	١٧,٢١	٩٦,٣٢	١٨,٨٤
٨	٩٨,٠٠	١٤,٠١	٩٧,٤٨	١٥,٦٨	٩٦,٩٠	١٧,٣٢	٩٦,٢٧	١٩.٩٥
١٢	٩٨,٩٧	١٤,١٢	٩٧,٤٤	١٥,٧٨	٩٦,٨٦	١٧,٤٣	٩٦,٢٣	١٩,٠٥
١٦	٩٧,٩٣	١٤,٢٣	٩٧,٤١	١٥,٨٩	٩٦.٨٢	١٧.٥٤	٩٦,١٨	١٩,١٦
٢٠	٩٧,٩٠	١٤,٣٤	٩٧,٣٧	١٦,٠٠	٩٦,٧٨	١٧,٦٥	٩٦,١٤	١٩,٢٧
٢٤	٩٧,٨٧	١٤,٤٥	٩٧,٣٣	١٦,١١	٩٦.٧٤	١٧.٧٦	٩٦,٥٩	١٩, ٨
٢٨	٩٧,٨٣	١٤,٥٦	٩٧,٢٩	١١,٢٢	٦,٧٠	١٧,٨٦	٩٦,٠٥	١٩,٤٨
٣٢	٩٧,٨٠	١٤,٦٧	٩٧,٢٦	١٦,٣٣	٦٩.٦٦	١٧,٩٧	٩٦,٠٠	١٩,٥٩
٣٦	٩٧,٧٦	١٤,٩٧	٩٧,٢٢	١٦,٤٤	٩٦,٦٢	١٨,٠٨	٩٥,٩٦	١٩,٧٠
٤٠	٩٧,٧٣	١٤,٩٠	٩٧,١٨	١٦,٥٥	٦٩,٥٧	١٨,١٩	٩٥,٩١	١٩,٧٠
٤٤	٩٧,٦٩	١٥,٠١	٩٧,١٤	١٦,٦٦	١٦,٥٣	١٨,٣٠	٩٥,٨٦	١٩, ٩
٤٨	٩٧,٦٦	١٥,١٢	٩٧,١٠	١٦,٧٧	٩٦,٤٩	١٨,٤١	٩٥,٨٢	٢٠,٠٢
٥٢	٩٧,٦٢	١٥,٢٣	٧٩,٠٦	١٦,٧٨	٩٦,٤٥	١٨,١٥	٩٥,٧٧	٢٠,١٢
٥٦	٧٧,٥٩	١٥,٣٤	٩٧,٠٢	١٦,٩٠	٦٩,٤٠	١٨,٦٢	٩٥,٧٢	٢٠,٢٣
٦٠	٩٧,٥٥	١٥,٤٥	٩٦,٩٨	١٧,١٠	٩٦.٣٦	١٨,٧٣	٩٥,٦٧	٢٠,٢٤
ك = ٢٠	٠,٢٠	٠,٠٣	٠,٢٠	٠,٠٣	٠,٢٠	٠,٠٤	٠,٢٠	٠,٠٤
ك = ٣٠	٠,٣٠	٠,٠٤	٠,٣٠	٠,٠٥	٠,٣٠	٠,٠٥	٠,٢٩	٠,٠٦
ك = ٤٠	٠,٣٩	٠,٠٦	٠,٣٩	٠,٠٧	٠,٣٩	٠,٠٧	٠,٣٩	٠,٠٨

دقائق	١٢°		١٣°		١٤°		١٥°	
	المسافة الأفقية	فرق المنسوب	المسافة الأفقية	فرق المنسوب	المسافة الأفقية	فرق المنسوب	المسافة الأفقية	فرق المنسوب
٠	٩٥,٦٨	٢٠,٣٤	٩٤,٥٤	٢١,٩٢	٩٤,١٥	٢٣,٤٧	٩٣,٣٠	٢٥,٠٠
٤	٩٥,٦٣	٢٠,٤٤	٩٤,٨٩	٢٢,٢٠	٩٤,٩٠	٢٣,٥٨	٩٣,٢٤	٢٥,٠١
٨	٩٥,٥٨	٢٠,٥٥	٩٤,٨٤	٢٢,١٣	٩٤,٠٤	٢٣,٦٨	٩٣,١٨	٢٥,٢٠
١٢	٩٥,٣٥	٢٠,٦٦	٩٤,٧٩	٢٣,٢٢	٩٣,٩٨	٢٣,٧٨	٩٣,١٣	٢٥,٣٠
١٦	٩٥,٤٩	٢٠,٧٦	٩٤,٧٣	٢٢,٣٤	٩٣,٠٣	٢٣,٨٨	٩٣,٠٧	٢٥,٤٠
٢٠	٩٥,٤٤	٢٠,٨٧	٩٤,٦٨	٢٢,٤٤	٩٣,٨٧	٢٣,٩٩	٩٣,٠١	٢٥,٥٠
٢٤	٩٥,٣٩	٢٠,٩٨	٩٤,٦٠	١٣,٤٥	٩٣,٨١	٢٤,٠٩	٩٢,١٥	٢٥,٦٠
٢٨	٩٥,٣٤	٢١,٠٨	٩٤,٥٨	٢٢,٦٥	٩٣,٧٦	٢٤,٧٩	٩٢,٨٩	٢٥,٧٠
٣٢	٩٥,٢٩	٢١,١٨	٩٤,٥٢	٢٢,٧٥	٩٣,٧٠	٢٤,٢٩	٩٢,٨٣	٢٥,٨٠
٣٦	٩٥,٢٤	٢١,٢٩	٩٤,٤٨	٢٢,٨٥	٩٣,٦٥	٣٤,٣٩	٩٢,٧٧	٢٥,٩٠
٤٠	٩٥,١٩	١٢,٣٩	٤٩,٤٢	٢٢,٩٦	٩٣,٥٩	٢٤,٤٠	٩٢,٧١	٢٦,٠٠
٤٤	٩٥,١٤	٢١,٥٠	٩٤,٣٦	٢٢,٠٦	٩٣,٥٣	٢٤,٦٠	٩٢,٦٥	٢٦,١٠
٤٨	٩٥,٠٩	٢١,٦٠	٩٤,٣٨	٢٣,١٦	٩٣,٤٧	٢٤,٧٠	٩٢,٥٩	٢٦,٢٠
٥٢	٩٥,٠٤	٢١,٧١	٩٤,٢٦	٢٣,٢٧	٣٩,٤٢	٢٤,٨٠	٩٢,٥٣	٢٦,٣٠
٥٦	٩٤,٩٩	٢١,٧١	٩٤,٢١	٢٣,٣٧	٩٣,٣٦	٢٤,٩٠	٩٢,٤٦	٢٦,٠٤
٦٠	٩٤,٩٤	٩٤,٩٢	٩٤,١٥	٢٤,٤٧	٩٣,٢٠	٢٥,٠٠	٩٢,٤٠	٢٦,٥٠
ك = ٢٠	٠,٢٠	٠,٠٤	٠,١٩	٠,٠٥	٠,١٩	٠,٠٥	٠,١٩	٠,٠٥
ك = ٣٠	٠,٢٩	٠,٠٧	٠,٢٩	٠,٠٧	٠,٢٩	٠,٠٧	٠,٢٩	٠,٠٧
ك = ٤٠	٠,٣٠	٠,٠٩	٠,٣٠	٠,٠٩	٠,٣٠	٠,١٠	٠,٣٠	٠,١٠

ملحوظة:

فى معادلات حساب المسافة (ف) وفرق المنسوب (ص) تكون قيمة الثابت الإضافى للجهاز (ك) مساوية الصفر وذلك لأن تيودوليتات كيرن مزودة بعدسة تحليلية.

تأثير الانكسار الجوى:

يجب عدم جعل القراءة السفلى قريبة من سطح الأرض فى الأيام الحارة حيث يزيد معدل التغير الحرارى فى المنطقة القريبة من سطح الأرض وحتى ارتفاع متر ونصف ، بذا يحدث انكسار جوى كبير للشعاع الضوئى فى هذه المنطقة مما يسبب خطأ كبير فى القراءة السفلى لشعرات الأستاديا . لذا يجب أن لا نأخذ القراءات فوق هذه المنطقة أو على هذا الارتفاع فى الأيام الحارة المشمسة، أما فوق هذا الارتفاع فإن هذا التأثير يقل بدرجة ملحوظة وبذا لا تتأثر القراءات كثيراً.

أجهزة خاصة لتبسيط العمليات الحسابية:

وذلك في طريقة شعرات الأستاديا ، وهذه الأجهزة والتركيبات تعتمد علي فكرة شعرات الاستديا . وسواء أكان المنظار أم عدسة تحليلية أم لا فإن تعيين المسافة الأفقية والبعد الرأسى يحتوى على كثير من العمليات الحسابية، وقد جهزت بعض الأجهزة حديثاً بتركيبات صنعت بطريقة خاصة لتبسيط هذه العمليات إلى أقصى حد ممكن أو لقراءة المسافات الأفقية والأبعاد الرأسية مباشرة ، وتعرف هذه الأجهزة بالتاكيومترات المختزلة (Reducing Tacheometers).

وتنقسم هذه التاكيومترات أو التركيبات إلى قسمين:

أولاً - أجهزة ذات تركيبات خاصة وأشهرها قوس بيمان.

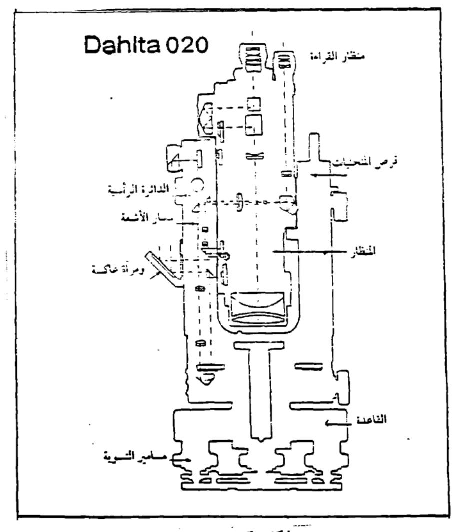
ثانياً - أجهزة تدار فيها خطوط أو منحنيات الأستاديا آلياً مثل تاكيومتر دالتا "زايس (RDS), Dahlta وايلد DKR, "كيرن".

تاكيومترات تدار منحنيات الأستاديا فيها آلياً:

كـــان (F. Hammer) أول من ابتكر نظريات احلال المنحيات بدلاً من شعرات الأستاديا وقد انتجت شركة (فنيل) (Fennel) الألمانية أول جهاز تاكيومتر مزود بالمنحنيات وفكرتها هي الاستعاضة عن الشعرات بمنحنيات تعطينا مباشرة المسافات والأبعاد الرأسية دون الحاجة إلى استعمال جيوب وجيوب تمام الزوايا الرأسية . وفيما يلي بعض الأنواع الشائعة الاستعمال:

١- تاكيومتر دالتا (زايس) (Dahlta 020):

هو أحد الأجهزة التاكيومترية ويمكن بواسطته تعيين المسافات الأفقية وفروق المناسيب مباشرة بدون عمليات حسابية وهو مزود بمنحنيات (تعرف بمنحنيات



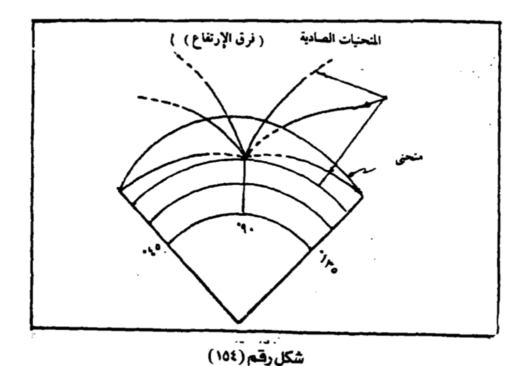
شكل رقم (١٥٣)

الاختزال) محفورة على قرص زجاجي يدور مع المنظار بدلاً من شعرات الاستاديا الثابتة وتظهر هذه المنحنيات واضحة عند مستوي حامل الشعرات وذلك بواسطة مجموعة من المنشورات . وشكل (١٥٣) يوضح تاكيومتر زايس دالتا ومسار الأشعة . المنحنيات والخطوط الموجودة بهذا الجهاز هي:

منحنى الصفر ، ومنحني المسافات ، ومنحني الارتفاعات علاوة على شعرة رأسية ثابتة لتحديد القامة كما يوجد شعرتا استاديا أعلا حامل الشعرات . والثابت التاكيومترى لها هو ٢٠٠ ، تستعمل هذه الشعرات عند اختفاء المنحنيات في حالة زوايا الارتفاع والانخفاض الكبيرة (أكبر من ٤٠°).

ويقوم منحني الصفر مقام الشعرة الوسطى فى التاكيومتر العادى.

وثابت المسافات الأفقية هو ١٠٠ والمعامل ك للأبعاد الرأسية هو ± ١٠ ، ± ٢٠ شكل (١٥٤).



شكل رقم (١٥٤)

ولرؤية هذه المنحنيات في وضعها الصحيح يجب أن تكون الدائرة الرأسية على يسار الراصد ودائرة المنحنيات علي يمينه أي يكون الجهاز متياسر ، وبالرصد علي قامة الدالتا الرأسية يجعل منحنى الصفر منطبقاً على صفر القامة حتي يمكن قراءة القيمة ف جتا^{٢} ن مباشرة على القامة مهما كان خط النظر مائلاً إلى أعلى أو إلى أسفل. ومنحنى المسافة يتكون من منحنى يمثل جا^{٢} لزاوية الميل تبدأ قيمته بالوحدة وذلك عندما يكون خط النظر أفقياً تماماً ويقترب من منحنى الصفر مع ارتفاع أو انخفاض المنظار ، والمسافة بين منحنى الصفر ومنحنى المسافات تتغير تبعاً للمعادلة :

$$\text{أ} = \frac{\text{س جتا}^{٢}\text{ ن}}{\text{ك} \pm \frac{١}{٢}\text{ جا٢ ن}}$$

حيث :

أ = المسافة بين منحنى الصفر ومنحنى المسافات

س = البعد البؤرى للمنظار.

ن = الزاوية الرأسية.

ك = العدد الثابت ١٠٠.

والإشارة الموجبة لزوايا الارتفاع والسالبة للانخفاض . هذا ويمكن استعمال قامة عادية وجعل منحنى الصفر على أى قراءة.

أما مجموعة المنحنيات الخاصة بتعيين فرق الارتفاع ص فهى منحنيات تمثل جا٢ ن وهى تبدأ من الصفر وتتزايد مع زاوية الارتفاع أو الانخفاض ويتغير ثابتها من ١٠ إلى ٢٠ إلى ١٠٠ وتتغير المسافة بين منحنى الصفر ومنحنى فرق الارتفاع تبعاً لمعدالة.

$$\text{ب} = \frac{\frac{١}{٢}\text{ س جتا٢ ن}}{\text{ك}_{١} \pm \text{جا}^{٢}\text{ ن}}$$

حيث :

ب = المسافة بين منحنى الصفر ومنحنى فرق الارتفاع.

س = البعد البؤرى لشيئية المنظار

ن = الزاوية الرأسية.

$ك_1$ = العدد الثابت المستعمل فى كل حالة ١٠ أو ٢٠ أو ١٠٠ والإشارة الموجبة لزوايا الارتفاع السالبة للانخفاض . وشكل (١٥٥) يمثل مجال المنظار في جهاز دالتا وهو فى وضع أفقى.

قامة جهاز دالتا:

يستعمل مع جهاز دالتا قامة خاصة به مبينة فى شكل (١٥٦) وصفر تدريجها على ارتفاع ١٫٤٠ عن القاعدة وهى مدرجة إلى سنتيمترات وديسيمترات من هذا الصفر إلى أعلى باللون الأسود وبالإشارة (+) وإلى أسفل باللوح الأحمر كما يمكن استعمال قامة عادية مع الجهاز.

مثال:

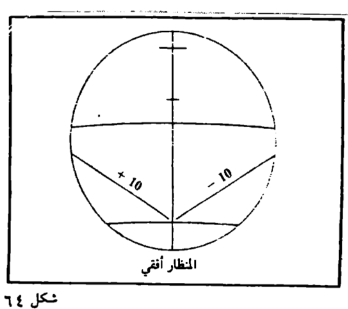
شكل (١٥٦) يبين مجال المنظار وهو موجه إلى قامة فوق نقطة ب من جهاز دالتا فوق نقطة أ - احسب المسافة الأفقية أ ب ومنسوب (ب) ، علماً بأن زاوية انخفاض المنظار ٢٣َ ٨° ومنسوب أ = ١٠٫٠٠ متر وارتفاع الجهاز ١٫٤٥ م .

الحل:

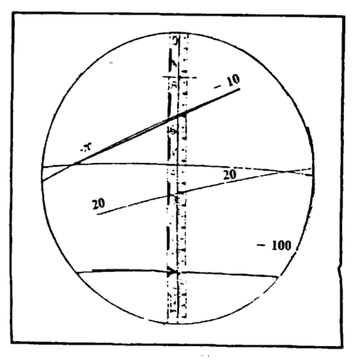
منحنى الصفر	يقرأ صفر
منحنى المسافة	يقرأ ٠٫٤٧٦ متراً
المنحنى الصادى معامل (-١٠)	يقرأ ٠٫٧٠٢ متراً
المنحنى الصادى معامل (-٢٠)	يقرأ ٠٫٣٥١ متراً

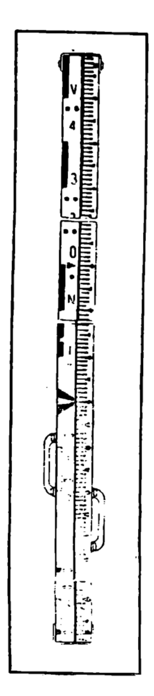
شعرنا الأستاديا بالجهاز (ثابتة = ٢٠٠) تقرأ ٦٢٩ر٠ ، ٨٧٢ر٠ متراً .

المسافة الأفقية ب = ١٠٠ (٤٧٦ر٠ - صفر) = ٤٧٫٦ متراً



شكل ٦٤





شكل رقم (١٥٦)

باستعمال (منحنى ص العلوى) ص = -١٠٠ (٧٠٢ر٠ - صفر) = -٧ر٠٢ متراً

وللتحقيق:

باستعمال منحنى ص السفلى = -٢٠٠ (٣٥١ر٠ - صفر) = -٧ر٠٢ متراً

باستعمال شعرتى الاستاديا

ف = ٢٠٠ (٨٧٢ر٠ - ٦٢٩ر٠) جتا٢ ٢٣ َ ٨ ْ

= ٢٠٠ x ١٢٤ ر٠ x ٩٨٩٣ر٠ = ٤٧٫٦ متراً

ص = ف ظا ن = ٤٧٫٦ x - (١٤٧ر٠)

= ٧ر٠٢ متراً

منسوب ب = ٠٠ر١٠ + ١٫٤٥ - ٧ر٠٢ - ١٫٤٠ = ٣ر٠٣ متراً .

وإذا فرضنا أن منحنى الصفر كان منطبقاً على القراءة -٤٠و٠ (فى الجزء الأحمر السفلى) فإن :

ف = ١٠٠ [٤٧٦ر٠ - (-٤٠ر٠)] = ٨٧٫٦ متراً

ص = -١٠٠ [٧٠٢ر٠ -(-٤٠ر٠)] = ١١ر٠٢ متراً

منســـــــــوب ب = ٠٠ر١٠ + ١٫٤٥ - ١١ر٠٢ - (١٫٤٠ - ٤٠ر٠) = -٥٧و٠م

تاكيومتر - تيودوليت كيرن K1 - RA :

جهاز كيرن K1 - RA متعدد الأغراض يأخذ فى مظهره الخارجى شكل التيودوليت وقد زود بقرص زجاجى محفور عليه مجموعة من المنحنيات البعد بينها والمقدار (جتا٢ ن) بحيث يمكن دائماً الحصول على المسافة الأفقيه إذا ما ضربنا ما تحصره هذه المنحنيات على قامة رأسية (المقدار هـ) فى ثابت الجهاز (١٠٠). كذلك توجد على نفس القرص منحنيات البعد بينها تتناسب مع المقدار (جا٢ ن) وبذلك يمكن دائماً الحصول على فرق المنسوب بطريقة سهلة أيضاً دون

اللجوء إلى قياس الزاوية الرأسية. وحتى لا يحدث خطأ عند رصد مسافة أفقية أو فرق منسوب فلقد جعلت كل مجموعة من المنحنيات تظهر فى مجال المنظار على حدة بواسطة حلقة خاصة.

والجهاز يمكن استخدامه كتيودوليت لقياس الزوايا الأفقية بدقة ٢٠´´ وبالتقريب حتي ١٠´´ ويمكن قراءة الدائرة الأفقية في الاتجاهين مع أو ضد عقرب الساعة . أما الدائرة الرأسية فتقرأ عليها الزوايا الرأسية مباشرة مما ييسر حساب فروق المناسيب. والجهاز دائرته الأفقية إما مقسمة بالنظام الستينى (٣٦٠°) أو بالنظام المئوى (٤٠٠ g).أهم أجزاؤه :

حيث :

١- المرآة العاكسة لإنارة أجزائه الداخلية.

٢- منظار القراءة للدوائر الأفقيه والرأسية.

٣- مسمار الحركة البطيئة لدوران المنظار حول محوره الأفقى.

٤- غطاء مسمار تعديل القراءات على الدائرة الأفقيه.

٥- مسامير التسوية لضبط أفقية الجهاز.

٦- مسمار الحركة السريعة لدوران الجهاز حول محوره الرأسى.

٧- مسمار تطبيق الصورة داخل المنظار.

٨- حلقة تعديل وضع منحنيات القياس من قياس المسافات إلى تعيين فرق المنسوب.

٩- موجد الهدف.

الجهاز الموضح فى مجال المنظار فيكون فرق لمنسوب (ص) مساوياً:

ص = معامل الجهاز (الفرق بين قراءتى المنحنيين الداخليين)	(١١٤)

ولتعيين منسوب نقطة القامة بمعلومية منسوب نقطة اللوحة المستوية نعين ارتفاع محور دوران المنظار عن نقطة اللوحة المستوية ($ع_1$) فيكون المنسوب المطلوب مساوياً:

منسوب نقطة القامة = منسوب نقطة اللوحة المستوية + $ع_1$ + ص - قراءة المنحني الأوسط السفلي

(١١٥)

طريقة الظلال

Tangent System

يمكن فى هذه الطريقة تعيين المسافة الأفقية والبعد الرأسى باستعمال تيودوليت عادى والأرصاد المطلوبة هى الزاوية الرأسية التى رأسها عند الجهاز ووترها مسافة معلومة بين هدفين ثابتين على القامة الموضوعة رأسياً فوق النقطة المطلوب إيجاد بعدها وتقرأ الشعرة الوسطى على القامة وقيمة الزاوية الرأسية فى كل مرة.

نفرض أن المطلوب إيجاد المسافة الأفقيه (ف) بين نقطتين مثل (د ، م) الأشكال (١٥٧) - (١٦٠) وكذلك الفرق بين منسوبيهما . نضع القامة رأسية فوق احديهما ولتكن (د) والجهاز فوق (م).

حالات طريقة الظلال:

أولاً - عندما تسمح طبيعة الأرض بقراءة القامة وخط النظر أفقى:

نأخذ نظرة أفقيه (س ب) إلى قامة فى نهاية الخط عند (د) ثم نظرة مائلة (س أ) إلى أعلى شكل (١٥٧) أو إلى أسفل (١٥٨) حسبما تسمح به طبيعة الأرض. نعين زاوية الارتفاع (فى الحالة الأولى) أو زاوية الانخفاض (فى الحالة الثانية).

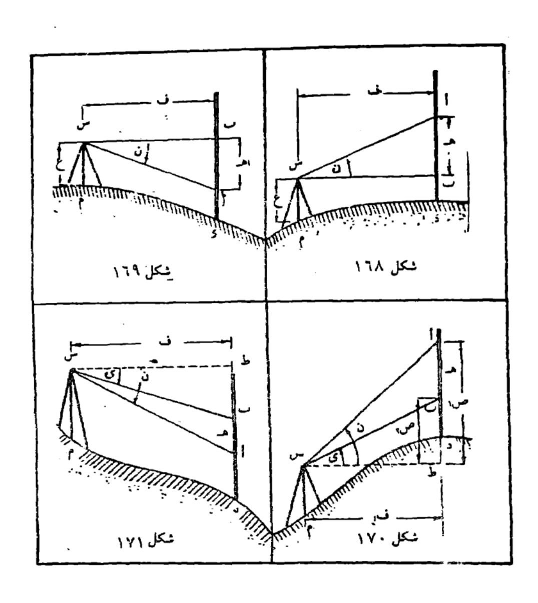
نفرض أن ب القراءة على القامة وخط النظر أفقى.

أ = القراءة على القامة وخط النظر يميل على الأفقي بزاوية قدرها ن .

هـ = الفرق بين القراءتين أو الهدفين الثابتين على القامة.

$$\text{المسافة الأفقية} = \frac{\text{قراءة أ} - \text{قراءة ب}}{\text{ظا ن}} = \frac{\text{هـ}}{\text{ظا ن}} \qquad (١١٦)$$

$$\text{منسوب د} = \text{مسوب م} + \text{ارتفاع الجهاز} - \text{القراءة ب} \qquad (١١٧)$$


شكل ١٦٨ شكل ١٦٩ شكل ١٧٠ شكل ١٧١

ثانياً - عندما لا تسمح طبيعة الأرض بأخذ نظرات أفقية:

١- نوجه المنظار إلى القامة أولاً بزاوية ميل (ن) وتدون قراءة القامة.

٢- تغيير زاوية الميل ولتكن (ى) وتدون القراءة الناتجة على القامة وفي شكلى (١٥٩) - (١٦٠) .

أ ط = ف ظا ن ، ب ط = ف ظا ى

أ ط - ب ط = هـ = ف (ظا ن - ظا ى)

$$\text{المسافة الأفقية} = \frac{\text{قراءة أ - قراءة ب}}{\text{ظا ن - ظا ي}} = \frac{\text{هـ}}{\text{ظا ن - ظا ي}} \quad (118)$$

$ص_1$ = ف ظا ن ، $ص_2$ = ف ظا ى

ولو كانت الزاويتان ن ، ى إحداهما زاوية ارتفاع والأخرى انخفاض.

$$\text{ف} = \frac{\text{هـ}}{\text{ظا ن + ظا ي}} \quad (119)$$

وفى حالة زاوية ارتفاع :

منسوب د = منسوب م + ارتفاع الجهاز (ع) + ف ظا ى - ب د (١٢٠)

أو = منسوب م + ارتفاع الجهاز + ف ظا ن - أ د

وفى حالة زاوية انخفاض:

منسوب د = منسوب م + ارتفاع الجهاز - ف ظا ى - ب د (١٢١)

أو = منسوب م + ارتفاع الجهاز - ف ظا هـ - أ د

مثال:

وضع جهاز فى نقطة جـ زاويتا ارتفاع نقطتين على قامة فوق ب هما ١٤َ ٢، ٣٦َ ٥ْ عندما كانت قراءة القامة ٢٠ر٠ ، ٢٠ر١ متراً على الترتيب. ما هى المسافة الأفقية ب جـ وما منسوب ب إذا كان منسوب جـ = ١٤ر١٣٧ متراً وارتفاع الجهاز = ٥٠ر١ متراً ؟

الحل:

ف = $\frac{١,٢٠ - ٠,٢٠}{ظا ٣٦ ٥° - ظا ١٤َ ٢°}$ = ١٦,٩٣ متراً

ص = ١٦,٩٣ ظا ١٤َ ٢° = ٠,٦٦ متراً

منسوب ب = ١,٥٠ + ١٣٧,١٤ + ٠,٦٦ - ٠,٢٠ = ١٣٩,١٠ متراً

ولتحقيق العمل :

ص١ = ١٦,٩٣ ظا ٣١َ ٥° =١,٦٦ متراً

منسوب ب = ١٣٧,١٤ + ١,٥٠ + ١,٦٦ - ١,٢٠ = ١٣٩,١٠ متراً

ثالثاً - عند تثبيت المسافة المقطوعة على القامة:

ويطلق على هذه الطريقة طريقة القاعدة الرأسية وفيها تثبت المسافة المقطوعة على القامة هـ . وتتغير الزاويتان الرأسيان ، ى حسب طول المسافة الأفقية وفرق الارتفاع فى شكل (١٥٩) .

ف = $\frac{هـ}{ظا ن - ظا ي}$

في المثلث أ س ط

$\frac{هـ}{جا (ن - ي)} = \frac{ف / جتا ي}{جا (٩٠° - ن)}$ أو ف = $\frac{هـ جتا ن جتا ي}{جا (ن - ي)}$

∴ ف = ها جتا ن جتا ي قتا (ن - ي) (١٢٢)

وغالباً تأخذ هـ (المسافة المقطوعة على القامة) مساوية ١ متر.

وفى المثال السابق وبتطبيق هذه المعادلة نجد أن :

ن = ٣٦َ ٥ْ ، ى = ١٤َ ٢ً

∴ ن - ى = ٢٢َ ٣ْ

هـ = ١ متر

∴ ف = ١ x جتا ٣٦َ ٥ْ x جتا ١٤َ ٣ْ قتا ٢٢َ ٣ْ

= ١ x٩٩٥٢٢ر٠ x ٩٩٩٢٤ر٠ x٢٧ر١٧ = ٩٣ر١٦ متراً

طريقة قضيب الأنفار

Invar Subtense Bar

تعتبر طريقة قضيب الأنفار من أهم طرق التاكيومترية لتعدد مزاياها تنوع استعمالاتها ويمكن قياس مسافات بهذه الطريقة حتى ٩٠٠ متر. وطريقة قضيب الأنفار هي إحدي طرق المجموعة الأولى حيث القاعدة ثابتة عند موضع الهدف وتتغير زاوية البرالاكس حسب المسافة المقيسة وحسب وضع القضيب بالنسبة للخط المقيس.

وأساس هذه الطريقة هو قياس زاوية البرالاكس المحصورة بين طرفي قضيب ذي طول معين موضوع أفقياً عند أحد طرفى الخط ويتم قياس هذه الزاوية بواسطة التيودوليت عند الطرف الآخر للخط.

نظرية القياس :

تتلخص نظرية القياس بهذه الطريقة فيما يلى:

١- عند تحديد مسافة معينة أ ب مثلاً - فيتم ذلك بواسطة قضيب الأنفار المحدد الطول بعلامتين (ل ، ط) يحصران مسافة معلومة ومحددة وبدقة تامة ولتكن هـ شكل (١٦١ - أ).

٢- يثبت القضيب أفقياً على حامل فوق نقطة أ وبحيث يكون عمودياً على الخط (أ ب) المراد قياسه. ثم يوضع فى الطرف ب تيودوليت لقياس الزاوية الأفقيه (زاوية البرالاكس) بين نهايتى الذراع ل ، ط ، وهذه الزاوية لا تتأثر باختلاف منسوب التيودوليت عن منسوب الذراع حيث زاوية البرالاكس المقاسة هي الزاوية الأفقية س شكل (١٦١ - ب).

$$\text{المسافة الأفقية (أ ب) ف} = \frac{١}{٢}\ \text{هـ ظتا}\ \frac{\text{س}}{٢} \qquad (١٢٣)$$

$$\text{فرق الارتفاع ص} = \pm\ \text{ف ظا ن} \qquad (١٢٤)$$

منسوب أ = منسوب ب + ارتفاع التيودوليت عند ب
± ص - ارتفاع حامل القضيب فوق أ

(١٢٥)

دقة القياس :

وتتوقف الدقة فى حساب المسافة بهذه الطريقة على العوامل الآتية:

١- درجة قياس زاوية البرالاكس (وتتوقف على دقة التيودوليت وعدد مرات رصد الزاوية).

٢- تعاد قضيب الأنفار على الخط المقيس.

٣- أفقية القضيب.

٤- أوضاع القضيب المختلفة بالنسبة لطول المسافات المقاسة.

ويعتبر العامل الأول والأخير من العوامل ذات التأثير الكبير على درجة الدقة بينما لا تتأثر هذه الدقة بالعاملين الثانى والثالث تأثيراً كبيراً.

مميزات الطريقة:

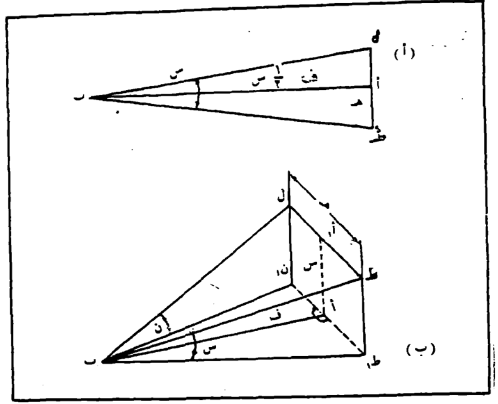
وتتميز طريقة قضيب الأنفار عن الطرق الأخرى بالميزات التالية :

١- استعماله أسهل من القياس المباشر بالشريط.

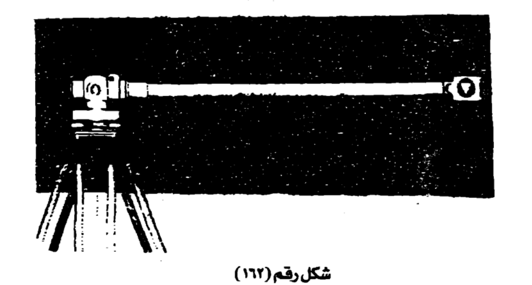
٢- الحصول علي المسافة الأفقية مباشرة وبدقة عالية جداً ولا تحتاج إلي حسابات معقدة.

٣- لا تتأثر المسافة المقاسة بالتغير في درجة الحرارة أو طبوغرافية المنطقة.

٤- يمكن قياس خطوط تصل إلي كيلو متر واحد تقريباً باتخاذ أوضاع مختلفة للقضيب وبدقة عالية جداً لا تتوفر في أي أجهزة تاكيومترية أخري.



شكل ١٧٢



شكل رقم (١٦٢)

استعمالات الجهاز :

يستعمل قضيب الأنفار في الأعمال المساحية التي تحتاج إلي دقة عالية في قياس الأطوال ويمكن حصرها فيما يلي :

١- قياس خطوط المضلعات (الترافرسات)

٢- أعمال الربط الأرضي في المساحة الفوتوجرامترية.

٣- تعيين أطوال خطوط قواعد المثلثات (الدرجتين الثالثة والرابعة)

٤- أعمال مساحة الانفاق والمناجم .

٥- أعمال توقيع وتخطيط المشروعات .

٦- تحديد أطوال ثابتة لمعايرة الشرائط ولتعيين ثوابت الأجهزة المساحية كالثابت التاكيومتري والإضافي.

وصف الجهاز :

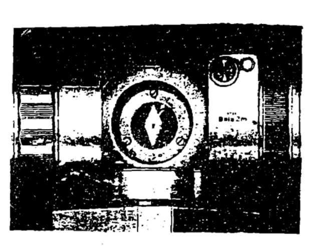
توجد أنواع عديدة منه ولكنها تتفق جميعاً في الأساس الاستعمالي والتركيب العام لها.

وهويتركب من ذراعين شكل (١٦٢) كل منهما عبارة عن أنبوبة من الصلب مفرغة طولها متراً واحداً تقريباً ، ويربطهما عند أحد طرفيهما مفصلة و عند الطرف الآخر قرصان زجاجيان بهما علامتان مثلثتان الشكل بداخل كل منهما زوجان من الخطوط شكل (١٦٣) ، أحد هذين الزوجين عبارة عن خطين سميكين للرصد البعيد والزوج الآخر خطين رفيعين للرصد القريب، كما يوجد بداخل كل من المثلثين دائرة صغيرة أو فتحة مغطاة بزجاج أحمر اللون للرصد عليه ليلاً ويمكن رؤية العلامتين بوضوح حتي علي بعد ٧٠٠ متر والمسافة بين هاتين العلامتين = ٢,٠٠٠ متر تماماً . وفي بعض الأجهزة كما في قضيب (زايس) توجد علامة في المنتصف علي شكل معين شكل (١٦٤) والذراعان يمكن طيهما علي بعض أو فتحهما علي استقامة واحدة عند الاستعمال وبداخل كل ذراع سلك من الأنفار أحد طرفيه مثبت في طرف الأنبوبة عند المفصلة والطرف الثاني مشدود إلي الخارج بواسطة زنبرك وبذا تظل المسافة بين العلامتين ثابتة وتساوي مترين

تماماً إذا تمددت الأنبوبة أو انكمشت نتيجة لتغير درجة الحرارة .



شكل رقم (١٦٣)



شكل رقم (١٦٤)

وعند منتصف القضيب مثبت منظار صغير (م) شكلي (١٦٢) ، (١٦٤) محوره البصري متعامد مع الخط الواصل بين علامتي الرصد بواسطة هذا المنظار تجعل القضيب متعامداً علي الخط المراد قياسه.

طريقة القياس :

لقياس مسافة ما مثل أ ب تجري الخطوات التالية :

١- نثبت القضيب جيداً فوق حامله مسامتاً أحد طرفى الخط المراد قياسه وليكن نقطة (أ) بواسطة خيط وثقل الشاغول مع جعله أفقياً بالتقريب.

٢- نفتح ذراعى القضيب على استقامة واحدة ثم نجعله أفقياً تماماً بواسطة مسامير التسوية وميزان التسوية الدائرى المثبت فوق الحامل ومن ثم يكون الخط الواصل بين علامتى الرصد أفقى تماماً.

٣- ندير القضيب باليد حول محوره الرأسي حتى نرصد خلال المنظار الصغير (م) خيط شاغول التيودوليت المثبت فوق (ب) والمسامت لها وبذا يكون القضيب معداً للقياس. (فى نوع زايس يوجد مثلث ضوئى داخل المنظار الصغير فيدار

القضيب حتى ينطبق رأس المثلث الضوئى على خط شاغول التيودوليت).

٤- نوجه التيودوليت وهو فى وضع متيامن إلى العلامة اليسرى ونقرأ الدائرة الأفقية ثم نرصد العلامة اليمنى. ويطرح القراءتين نحصل على زاوية البرالاكس (س) وتكون المسافة الأفقية ف = $\frac{١}{٢}$ هـ ظتا $\frac{س}{٢}$.

وحيث أن :

هـ = ٢,٠٠ متراً .

ف = ظتا $\frac{١}{٢}$ س	(١٢٦)

وذلك سواء أكان خط النظر أفقيا أو مائلاً لأن الزاوية المقاسة هى الزاوية الأفقية . ولإيجاد منسوب (أ) نطبق المعادلة (١٢٥).

حالات القياس المختلفة:

عند وضع قضيب الأنفار عند أحد طرفى الخط المراد قياسه ووضع التيودوليت فى الطرف الآخر نجد أن مقدار الخطأ النسبى المحتمل فى حالة استخدام تيودوليت رقيق فى استعمال القضيب بالنسبة إلى طول الخط المقاس يزيد بازدياد المسافة المقاسة فمثلاً تكون نسبة الخطأ إلى الطول ١ : ١٠٠٠٠ عند قياس خط طوله ٤٠ متر بينما تزيد هذه النسبة وتصل إلى ١ : ٥٠٠٠ عند قياس خط طوله ٨٠ متر - ولما كانت هذه النسبة هى المسموح بها فى القياس فإنه يجب أن يأخذ القضيب أوضاعاً مختلفة نوردها فيما يلى:

الوضع الأول: القضيب عند طرف الخط المقاس مباشرة:

وتصلح للمسافات حتى ٨٠ متر (شكل ١٦٥).

المسافة ف = ظتا $\frac{١}{٢}$ س

الخطأ النسبى المحتمل ١ : ٦٠٠٠ لمسافة ٧٥ متراً

١ : ٥٠٠٠ لمسافة ٨٠ متراً

الوضع الثاني : القضيب يتوسط الخط المقاس مباشرة:

شكل (١٦٦)

وتصلح المسافات من ٨٠ حتى ١٥٠ متر

$$\text{المسافة } ف_1 + ف_2 = \left(\text{ظتا } \frac{1}{2} س_1 + \text{ظتا } \frac{1}{2} س_2\right) \qquad (١٢٧)$$

الخطأ النسبى المحتمل ١ : ٨٠٠٠ لمسافة ١٥٠ متر .

الوضع الثالث: القضيب عند أحد طرفى الخط مع استعمال خط قاعدة مساعد:

ويصلح هذا الوضع للمسافات من ١٦٠ متر حتى ٣٥٠ متر.

والخطأ النسبى المحتمل ١ : ١٢٠٠٠ لمسافة ٣٠٠ متر

ويتم ذلك بإحدى الطريقتين.

أ - استعمال خط قاعدة مساعد يقع على جانب الخط المقاس (فى ناحية واحدة منه):

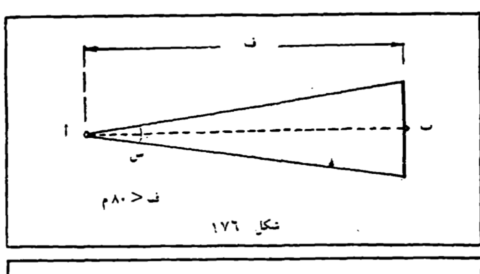
شكل (١٦٧)

١- نقيم الخط المساعد (هـ١) متعامداً مع أحد طرفى الخط المراد قياسة.

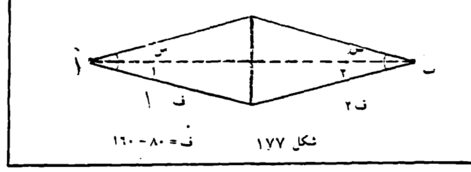
٢- نقيس هـ١ بوضع قضيب الأنفار فى نهايتها وذلك بقياس الزاوية الأفقيه س ثم تقاس س٢.

$$\text{طول خط القاعدة المساعد هـ}_1 = \text{ظتا } \frac{س_1}{2} \qquad (١٢٨)$$

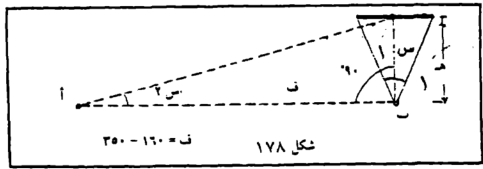
$$= \sqrt{2\, ف} \text{ تقريباً}$$



شكل ١٧٦



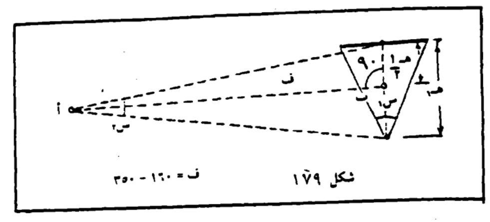
شكل ١٧٧



شكل ١٧٨

وهذا الطول هو الواجب اختياره عملياً

المسافة الأفقية ف = $هـ_1$ ظتا $س_2$	(١٢٩)



شكل ١٧٩

ب - خط القاعدة المساعد ينصفه الخط المقاس شكل (١٦٨).

$$هـ_1 = ظتا \frac{١}{٢} س_1 = \sqrt{٢ف} \text{ تقريباً} \qquad (١٣٠)$$

$$\text{المسافة الأفقية } ف = \frac{هـ_1}{٢} ظتا \frac{١}{٢} س_1 \qquad (١٣١)$$

الوضع الرابع: القضيب عند منتصف الخط المقاس مع استعمال خط قاعدة مساعد:

ويصلح هذا الوضع للمسافت من ٣٥٠ متر وحتى ٨٠٠ متر.

والخطأ النسبى المحتمل ١ : ١٤٥٠٠ لمسافة ٦٠٠ متر

ويتم ذلك بإحدى طريقتين:

أ- خط القاعدة يقع على جانب الخط المقاس (فى ناحية واحدة منه) شكل (١٦٩).

١- نقيم الخط المساعد ($هـ_1$) متعامداً عند منتصف الخط المراد قياسه تقريباً.

٢- تقاس ($هـ_١$) بوضع قضيب الأنفار فى نهايته وذلك بقياس الزاوية الأفقية $س_١$ ثم تقاس $س_٢$ ، $س_٣$.

$$\text{طول خط القاعدة المساعد } هـ_١ = ظتا \frac{١}{٢} س_١ = ٠,٧ \sqrt{٢ ف} \text{ تقريباً} \quad (١٣٢)$$

وهو الطول الواجب استعماله نظرياً.

$$\text{المسافة الأفقية } ف = هـ_١ (ظتا س_٢ + ظتا س_٣) \quad (١٣٣)$$

ب - خط القاعدة ينصفه الخط المقاس شكل (١٧٠) :

$$هـ = ظتا \frac{١}{٢} س_١ = ٠,٧ \sqrt{٢ ف} \quad (١٣٤)$$

$$\text{المسافة الأفقية } ف = \frac{هـ_١}{٢} (ظتا \frac{س_٢}{٢} + ظتا \frac{س_٣}{٢}) \quad (١٣٥)$$

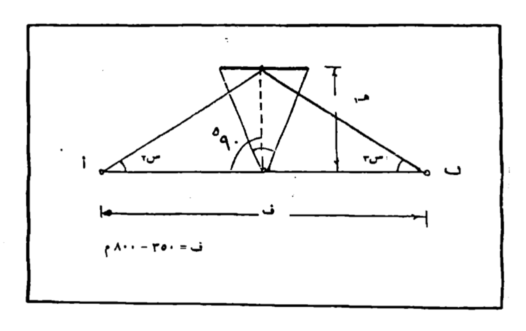
ويراعى فى هذه الطريقة أن تكون م هي منتصف $هـ_١$ تقريباً وبشرط ألا تبعد عن المنتصف بمقدار يزيد عن $\frac{ف}{٤٠٠}$ حيث فرض فى المعادلة (١٣٥) أن الخط ينصف كل من $س_٢$ ، $س_٣$. ويمكن إهمال الخطأ الناشئ ، لو كانت المسافة بين م ومنتصف $هـ_١$ أقل من $\frac{ف}{٤٠٠}$.

وعملياً وبالأخص عند قياس أطوال المضلعات نختار موضع خط القاعدة المساعد قريباً من إحدى نقط التوافرس ب مثلاً شكل (١٧١) بحيث تقاس الزوايا $س_١$ ، $ى_١$ ، $ى_٢$ عند نقطة ب والزوايا $س_٢$، $س_٣$ عند كل من أ ، جـ على الترتيب.

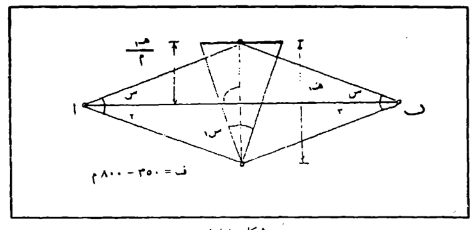
وتكون المسافات هي:

$$ف_١ = \frac{هـ_١ جا (ي_١ + س_٢)}{جا س_٢} \qquad (١٣٦)$$

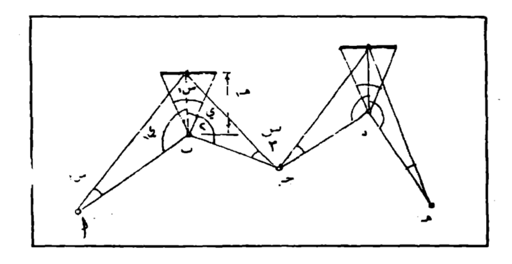
$$ف_٢ = \frac{هـ_١ جا (ي_٢ + س_٢)}{جا س_٣} \qquad (١٣٧)$$



شكل رقم (١٦٩)



شكل ١٨١



شكل رقم (١٧١)

وتستعمل هذه الطريقة بنجاح تام في المضلعات التي لا يزيد أطوال خطوطها عن ٣٥٠ متر حيث يمكن الحصول على دقة عالية في أطوال الخطوط فضلاً عن سهولة تنفيذ هذه الطريقة حيث تقاس الخطوط والزوايا من وضع واحد لجهاز التيودوليت.

طرق وأجهزة الصور المزدوجة

Double Image

تنقسم أجهزة وطرق الصور المزدوجة إلى مجموعتين:

المجموعة الأولى:

وتتبع هذه الأجهزة المجموعة الأولى من التقسيم العام للمساحة التاكيومترية حيث أنها طرق وأجهزة تتواجد فيها القاعدة عند وضع الهدف وأهم أجهزة هذه المجموعة هى:

١- جهاز منشور المسافة.

٢- جهاز قياس المسافات (DHT -2).

٣- جهاز التاكيومتر المختزل والمنشور (Redta).

وطريقة منشور المسافة هى أحدى طرق التاكيومترية باستعمال القاعدة الأفقية وتختلف هذه الطريقة عن قضيب الأنفار فى ثبوت زاوية البرالاكس وتحدد المسافة المقاسة على قامة موضوعة عند أحد طرفى الخط المراد قياسه.

١- منشور المسافة:

ومنشور المسافة عبارة عن تركيبة يمكن وضعها أمام العدسة الشيئية فى جهاز التيودوليت أو التاكيومتر الذى يوجه نحو قامة أفقية خاصة لحساب المسافة مباشرة بين الجهاز والقامة. وبقياس زاوية الارتفاع أو الانخفاض يمكن تحديد المسافة الأفية وفرق الارتفاع.

تركيب المنشور:

يتركب منشور المسافة من منشور ثلاثى لا يغطي الشيئية كلها شكل (١٧٢)

عند وضعه أمامها بل يحجب شريحة أفقيه ضيقة فى الجزء الأوسط من الشيئية ولذلك يكون على حامل الشعرات صورتان أحدهما منحرفة أفقياً وهى الصورة الداخلة إلى المنظار من خلال المنشور ثم الشيئية والأخرى وهى الداخلة إلى المنظار من خلال الشيئية مباشرة وزاوية الأشعة هى زاوية انحراف أو انكسار المنشور وقد صنع المنشور بزاوية انحراف قدرها ٦,١٢´´ ٣٤´ وظلها = $\frac{١}{١٠٠}$. أما القامة المستعملة مع المنشور فهى قامة خاصة مدرجة وطولها متران تقريبا وتوضع عند الاستعمال فى وضع أفقى على حامل ثلاثى خاص بها شكل (١٧٣).

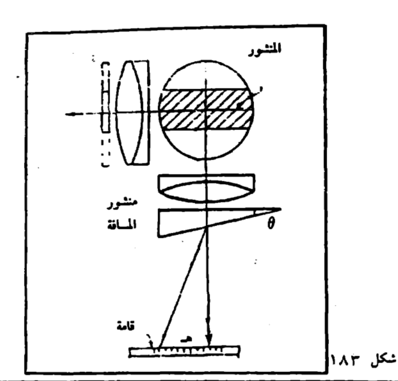
طريقة الاستعمال:

لقياس المسافة توضع القامة أفقيه على حاملها وهى مجهزة عند أحد طرفيها بورنية شكل (١٧٣) بحيث ينطبق صفر الورنية على صفر مقياس القامة (توضع أحياناً ورنية أخرى يبعد صفرها عن صفر الورنية الأولى بمقدار ٥٠ سم كما فى شكل (١٧٣) أو أى مقدار آخر وهذا للتحقيق. فإذا نظرنا خلال المنظار رأينا صورة الورنية متكونة من خلال المنشور تحت صورة جزء ما من القامة.

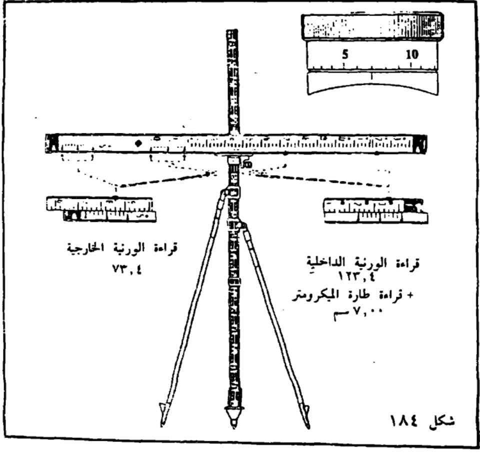
وكأن صورة الورنية قد انتقلت من موضعها نتيجة لانحراف خط النظر الموجه إليها وتأخذ موضعاً جديداً فوق مقياس القامة وتكون المسافة التى انتقلتها هذه الورنية هى (هـ) الفرق المطلوب تعيينه شكل (١٧٢)، ونعين مقداره بتعيين قراءة صفر الورنية على المقياس من خلال المنظار.

وحيث أن زاوية الإنحراف = ظا$^{-١}$ $\frac{١}{١٠٠}$

فإن ف = ١٠٠ هـ = ١٠٠ × قراءة الورنية . وإذا كان خط النظر مائلا فإن المسافة المقروءة تكون هى المسافة المائلة (م).



شكل ١٨٣



شكل ١٨٤

ف = م جتا ن = ١٠٠ هـ جتا ن	(١٣٨)

ص= م جا ن = ١٠٠ هـ جا ن	(١٣٩)

حيث [ن] زاوية الارتفاع أو الانخفاض.

ونقيس ارتفاع كل من الجهاز والقامة عن سطح الأرض.

منسوب نقطة القامة = منسوب نقطة الجهاز + ارتفاع الجهاز - ارتفاع القامة عن سطح الأرض ± ص	(١٤٠)

ولزيادة الدقة صمم منشور متوازى السطحين يدور حول محور رأسى ثابت بحيث ينحرف خط النظر موازياً لنفسه تماماً على القامة عند دوران المنشور بواسطة ميكرومتر خاص وذلك لعمل الانطباق بين الورنية والمقياس تماماً على القامة.

والدورة الكاملة للميكرومتر تساوى وحدة قراءة الورنية على القامة وعادة يقرأ المقياس ٢٠سم والورنية ٢ ملليمتر والمكرومتر ١ر٠ ملليميتر أى أن هذه القراءات بالنسبة للمسافات تكون على القامة = ٢ م وعلى الورنية = ٢٠ سم وعلى الميكرومتر ± ١سم . ومميزات الجهاز هى:

١- القراءات بالجهاز دقيقة لاستعمال ورنية على القامة والميكرومتر الملحق.

٢- لا يوجد تصحيح بضرب الجزء المقطوع من القامة فى [جتا ن] كما فى

شعرات الاستاديا وذلك لأن القامة أفقية كما لا يوجد ثابت إضافى فى معادلات المسافة.

٣- لا تتأثر بالانكسار الجوى الرأسي.

٢- تاكيومتر المختزل ذو المنشور - (ردتا) (REDTA)

(Reducing Tacheometer with distance Measuring Wedge):

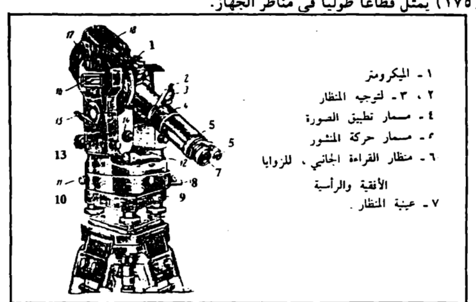
نظرية الجهاز:

يعتبر هذا الجهاز حصيلة تعديل وتحسين فى طريقة منشور المسافة حيث أدخلت تعديلات على جهاز منشور المسافة ، الغرض منها هو الحصول على المسافات الأفقية مباشرة سواء أكان خط النظر أفقياً أو مائلا. وقد تم هذا التعديل باستبدال المنشور الثلاثى بمنشورين متماثلين يقومان بنفس عمل المنشور الواحد في الوضع الأفقى، أى ينحرف خط النظر خلالهما بما يعادل زاوية ظلها يساوى $\frac{١}{١٠٠}$ ، ويدور كل من المنشورين فى مستواه فى اتجاه مضاد للآخر بنفس المقدارلذا فإنه عند استعمال الجهاز في حالة ميل المنظار نجد أن دوران المنشورين معاً فى اتجاهين متضادين يعادل وجود منشور واحد بزاوية أقل من الزاوية الأصلية للمنشورين ويتوقف التغير فى مجموع زاويتي المنشورين على قمة زاوية الميل فى خط النظر فإذا كانت (ن) هى زاوية ميل خط النظر فنجد أن قيمة انحراف خط النظر خلال المنشورين معاً تقل بما يعادل (جتا ن) وبذا تكون المسافة المقروءة على القامة مباشرة هى المسافة الأفقية ومساوية (١٠٠ هـ جتا ن).

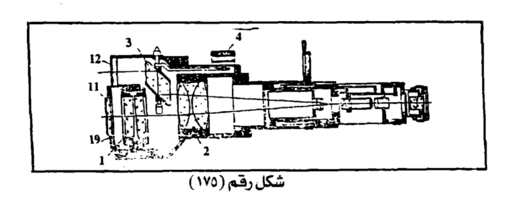
يكون فرق الارتفاع ص = ف ظا ن .

ونجد أيضاً فى هذا الجهاز أن منشور المسافة يعتبر جزءاً من الجهاز نفسه.

وهناك عدة أنواع من الأجهزة تستخدم هذه النظرية وأشهرها هو جهاز ردتا (Redta 002) صناعة زايس وهو جهاز كامل به جميع الاحتياجات التى تتطلبها عملية القياس التاكيومترى وقد صمم هذا الجهاز بحيث يقوم بعمل جهاز التيودوليت وشكل (١٧٤) يمثل رسم عام توضيحى لأجزاء الجهاز وشكل (١٧٥) يمثل قطاعاً طولياً فى مناظر الجهاز.



شكل ١٨٥



شكل رقم (١٧٥)

ولتعيين فرق الارتفاع بواسطة جهاز الردتا فنجد أنه يعطينا بالإضافة للزاوية الرأسية (ن) قراءة ظل هذه الزاوية مباشرة من منظار القراءة الجانبى الملاصق

للمنظار الرئيسى ومنها نحصل علي الفرق الرأسى المطلوب ص .

ص = ف ظا ن.

وجهاز الردتا مزود أيضاً بمنشور متوازى السطحين ٢ (لوح التوازى) شكل ١٧٥ كما فى منشور المسافة يدور رأسياً بحيث ينحرف خط النظر موازياً لنفسه تماماً على القامة عند دوران المنشور - ويدور هذا المنشور بواسطة ميكرومتر ٤ والغرض الأساسى منه هو تطبيق قراءات الورنية تمام على القامة.

وقامة الردتا هى نفس القامة الأفقية المستخدمة في جهاز منشور المسافة (شكل ١٧٣).

طريقة القياس:

١- توجه القامة عمودية على خط النظر الواصل من الجهاز إليها بواسطة منظار صغير به مثلث ضوئى حتى ينطبق رأس المثلث على خيط الشاغول بالجهاز، وعلى ذلك فإنه عند رصد الجهاز بهذا المنظار الصغير تصبح هذه عمودية على اتجاه خط النظر ويجب على الراصد التحقق من ضبط القامة قبل أخذ القراءات عليها بأن يرى القامة موازية للشعرة الأفقية فى المنظار - ونلاحظ أن هذه الخطوة هى نفس ما اتبع عند ضبط قضيب الأنفار.

٢- نضبط الجهاز أفقياً عن الطرف الآخر للخط ونوجه المنظار إلى علامة ضوئية بيضاء في سطح القامة ونرى هذه العلامة (من خلال المنظار) رأسية لو كانت القامة متعامدة على خط النظر أو على شكل قوس منحنى لو لم تكن كذلك.

٣- ندير طارة خاصة فتجعل المنشور أمام الشيئية وتنقل صورة الورنة أو الورنيتين مسافة قدرها (هـ) . وتقرأ المسافة ف كالتالى:

القامة مقسمة إلى ديسيمترات ، ٢ سم ، وطول مقياس القامة يساوى ١٢٠ سنتيمتر ، ويوجد تحت هذا المقياس ورنيتان تقرأ كل منها ٢ ملليمتر وتوضع إحدى الورنيتين بحيث ينطبق الصفر فيها على صفر المقياس ، بينما توضع

الورنية الأخرى قبل صفر المقياس بمقدار ٥٠ سنتيمتر تماماً . والغرض من ذلك أنه فى المسافات القصيرة حتى طول ١٢٠ متراً ، نجد أن صورة الورنية الأولى تظهر تحت المقياس ، بينما إذا زادت المسافة عن ذلك فإن صورة هذه الورنية تخرج عن حـ المقاسة. وفى هذه الحالة نأخذ قراءة القامة على الورنية الأخرى ثم نضيف إلى هذه القراءة فرق المسافة بين صفر المقاس وصفر الورنية وقدره خمسون سنتيمتر ، أى أننا فى هذه الحالة يمكننا تقدير الأبعاد إلى مسافة ١٧٠ متر تقريباً من الجهاز. ولكي يتم انطباق صفر إحدى الورنيتين على قسم من أقسام المقياس فإننا نستعمل مسمار الميكرومتر الموجود فوق المنظار. وهذا الميكرومتر يلف اللوح المتوازى السطحي فينتقل خط النظر موازياً لنفسه نتيجة للانكسار حتى يتم الانطباق تماماً بين قسم المقياس وقسم الورنية القريب منه، ومقدار هذا الانتقال نقرأه على مسمار الميكرومتر ، ويضاف إلى القراءة الكلية على المقياس والورنية.

هذا ويمكن اتباع أوضاع القياس المذكورة فى حالة قضيب الأنفار عند قياس المسافات الكبيرة باستعمال جهاز الردتا.

المجموعة الثانية:

وتتبع هذه الأجهزة المجموعة الثانية من التقسيم العام للمساحة التاكيومترية حيث أنها طرق وأجهزة تتواجد فيها القاعدة عند موضع الراصد وتكون هذه القاعدة جزءاً من جهاز التاكيومتر المستخدم وبها يستغنى عن وضع قامة عند الهدف وهذه ميزة كبرى خاصة فى الأراضى الوعرة والصعبة الوصول إليها لوضع قامة فى النقط بها. وأهم أجهزة هذه المجموعة هي:

١- جهاز التليتوب (جهاز القياس الطبوغرافى) (Teletop) .

٢- جهاز القاعدة المختزل (BRT).

٣- جهاز مقدر المسافات والتليمتر Range Finder and Telemeter).

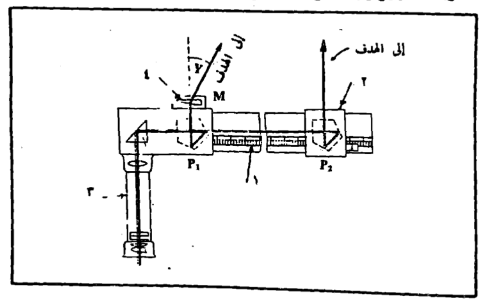
ويلاحظ أن نتائج القياسات بهذه الأجهزة غير دقيقة ولذا فهى تستخدم فى الأعمال التي تكون الدقة العالية غير مطلوبة فيها كما فى حالة المساحة الطبوغرافية والتفاصيل الجيولوجية والغابات ، وفى الأغراض العسكرية وأغراض الاستكشاف.

١- جهاز التليتوب:

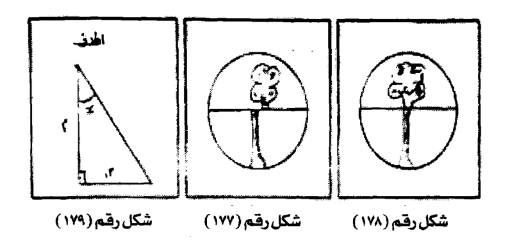
(جهاز القياس الطبوغرافى):

وفيه زاوية البرالاكس ثابتة وتتغير طول القاعدة حسب المسافة المقاسة ويستعمل لإيجاد المسافات الأفقية والارتفاعات.

ويتركب الجهاز شكل (١٧٦) من ذراع (١) مقسم إلى ٣٠٠ ملليتر يتحرك عليه غلاف بداخله منشور زجاجي (٢) وفى طرف الذراع تركيبة عبارة ع منظار صغير (٣) ونشور زجاجى آخر (٤) ظل زاويته ثابت والجهاز مزود بدائرة رأسية مدرجة لتعيين زاوية ميل خط النظر وكذلك بوصلة منشورية لقياس انحرافات



شكل رقم (١٧٦)



شكل رقم (١٧٨) شكل رقم (١٧٧) شكل رقم (١٧٩)

نظرية الجهاز:

يتحرك على الذراع الغلاف ذو المنشور الزجاجى ، الزاوية بين سطحيه العاكسين تساوى ٤٥° تمام ، وعلى ذلك فإن الشعاع الضوئى المسار به ينحرف عن خط سيره الأول بمقدار ٩٠° وبذا فإن الأشعة الضوئية التى تكون عمودية على هذا الذراع ، تسير فى داخل هذا المنشور، وتخرج منه فى اتجاه يوازى الذراع نفسه ثم يتجه إلى منشور ثلاثى آخر مثبت عند المنظار فتغير خط سيرها مرة أخرى بزاوية قدرها ٩٠° وتتجه إلى عين للرصد من داخل المنظار. كما يوجد بداخل المنظار منشور آخر فى مستوى أعلى من المنشور الأول أى أن السطح العلوى للمنشور الأول يكون فى مستوى السطح السفلى للمنشور الثانى تماماً . وهذا المنشور (٤) يحرف خط النظر المار به بزاوية صغير ظلها $\frac{١}{١٠٠}$ ويمكن استخدام مناشير أخرى ذات زوايا ظلها أى مقدار آخر ثابت.

وعند رصد هدف ما بالمنظار فتظهر له صورتان فوق بعضهما شكل (١٧٧) إحداهما المباشرة عمودياً على الذراع والثانية المنعكسة عن طريق المنشور (٤) . وعندما تنطبق الصورتان تماماً شكل (١٧٨) فمعنى ذلك أن الشعاع الصادر عن المنشور المنزلق يقابل الشعاع الآخر المار بالمنشور (٤) عند الهدف تماماً وبذلك يتكون المثلث الفراغى شكل (١٧٩) الذى رأسه عند الهدف وقاعدته عند

الجهاز وإحدي زواياه قائمة وزاوية رأسه هي زاوية انحراف المنشور الثابت (٤) المثبت عند المنظار. وعليه تكون المسافة المطلوب تعيينها تساوى القاعدة ط١ x ظل زاوية المنشور المستخدم وتدرجي القاعدة م١ حسب زاوية المنشور لتعطى المسافة مباشرة.

استعمال الجهاز:

١- نضع شاخصاً عند النقطة المطلوب إيجاد بعدها ومنسوبها. وإذا كانت هذه النقطة هدفاً ثابتاً مثل مبنى أو شجرة مثلاً فيرصد على الهدف مباشرة.

٢- نضع الجهاز على الحامل الثلاثى الخاص به عند الطرف الآخر للخط ونسامته ونعده للرصد.

٣- نرصد الهدف بالمنظار فيظهر له صورتان فوق بعضهما . ثن تحرك المنشور المنزلق فوق ذراع الجهاز حتي نحصل علي الوضع الذى تظهر فيه الصورتان متكاملتان تماماً فى الوضع الرأسى ويكون هذا هو الوضع الصحيح للرصد كما فى شكل (١٧٨) وتقرأ المسافة (م) على الذراع مباشرة.

هذا ويستعمل مع الجهاز مناشير تتراوح ظلالها من $\frac{١}{١٠٠}$ إلى $\frac{١}{١٠٠}$ والجدول يبين قيم ثوابت المنشور المستخدمة ومدى القياس المناسب لاستعمال كل منها علاوة على النسبة المئوية لخطأ القياس.

ظل زاوية المنشور	مدى القياس لاستعماله	النسبة المئوية للخطأ في القياس
١ / ١٠٠	٢ - ٣٠ متراً	٠,٢
١ / ٢٥٠	٤ - ٧٥ متراً	٠,٣
١ / ٥٠٠	٨ - ١٥٠ متراً	٠,٥
١ / ١٠٠٠	١٥ - ٢٠٠ متراً	١,٠
١ / ٢٠٠٠	٣٠ - ٦٠٠ متراً	٢,٥ - ٣,٠

ولتعيين المسافات الأفقية للخطوط المقامة يجب قياس زوايا الارتفاع وبذا تكون :

ف = م جتا ن ، ص = م جا ن

حيث م = المسافة المائلة المقاسة مباشرة من الجهاز.

هـ = زاوية الارتفاع والتى تقاس بالدائرة الرأسية بالجهاز.

وهناك جدول خاص مرفق بالجهاز للمقادير التى تطرح من المسافة المائلة للحصول على المسافة الأفقية مباشرة.

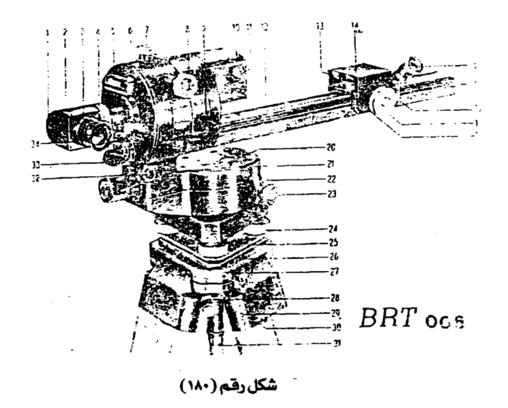
ويمكن استعمال هذا الجهاز فى قياس الارتفاعات الرأسية مباشرة من الطبيعة إذا كانت هذه الارتفاعات فوق الراصد ، مثل الترخي فى أسلاك التليفون والخطوط الكهربائية أو الأسقف والجمالونات أو ما شابه ذلك ، نفك الجهاز من قاعدته ونثبت به مقبضاً خاصاً ثم نرصد به الهدف المطلوب ونقيس ارتفاعه فوق الراصد.

٢- جهاز القاعدة المختزل: BRT 006

وهو نفس جهاز التليتوب بعد تعديله وإدخال بعض التحسينات عليه وذلك بإضافة مجموعة من المنشورات واستعمال الحركة السريعة والبطيئة لتحريك الغلاف المنشورى ولدقة التوجيه والتطبيق وقراءة الذراع - والغرض من هذه التحسينات هو الحصول على المسافات الأفقيه مباشرة بدلاً من المسافات المائلة سواء أكان خط النظر أفقياً أو مائلاً وكذلك الحصول على دقة أكبر فى القياس .

ويمكن بواسطة هذا الجهاز أيضا قياس المسافات المائلة مباشرة من الطبيعة عن الحاجة إلى ذلك - حيث أنه يوجد بالجهاز مسمار لتحويل القياس من المسافة الأفقية إلى المسافة المائلة أو بالعكس والنظرية التى على أساسها يقوم هذا الجهاز بتحويل المسافات المائلة إلى مساقطها الأفقية ، هى استعمال المنشورين الموازيين السابق ذكرهما فى جهز القياس التكيومترى (ردتا).

الجهاز به دائرة أفقية لقياس زوايا الارتفاع والانخفاض . كما يمكن أخذ مقادير الظلال مباشرة لتعيين الفرق الرأسي في المنسوب (شكل ١٨٠) .



شكل رقم (١٨٠)

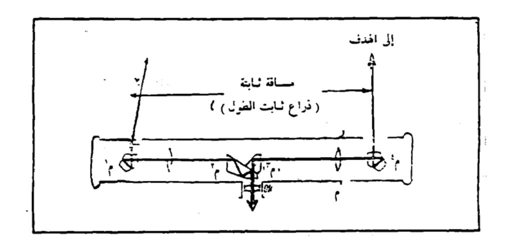
جهاز التليمتر ومقدر المسافات : Range Finder

يعتبر جهاز التليمتر من الأجهزة التي بها خط القاعدة ثابت وتتغير زاوية البرالاكس بتغير المسافة المقاسة والجهاز عبارة عن ذراع ثابت الطول مثبت في طرفيه منشوران قائمان م١ ، م٤ يعكسان صورة المرئي على منشوران آخرين م٢ ، م٣ شكل (١٨١) . ينظر الراصد منهما بعينه اليمنى فيرصد صورتين منعكستين من المنشورين الطرفين م١ ، م وبتحريك المنشور الأيمن م٣ بواسطة مسمار خاص يمكن الحصول على انطباق تام للصورتين وهذه الحركة مدرجة على مقياس يستطيع الراصد قراءته بالعين اليسرى وهذا المقياس يعطي مباشرة المسافة بين الهدف والراصد أي المسافة المائلة وتزداد زاوية انحراف المنشور الأيمن م٢

بالنسبة للمنشور الأيسر الثابت م٢ عندما تقل المسافة بين الهدف والجهاز وتقل هذه الزاوية بزيادة المسافة المقاسة . ويستعمل هذا الجهاز في الأغراض العسكرية.

وكمثال لهذا النوع من الأجهزة جهاز تليمتر طراز TM 01 وايلد وفيه طول الذراع الثابتة ٥٠ سم ويمكن القياس به من ٣٠ متر حتى ١٠٠٠ متر وبخطأ نسبى بين $\frac{١}{١٠٠}$ إلى $\frac{١}{٥٠}$.

وكمثال آخر جهاز مقدر المسافات Range Finder (هلجروات) (لندن) والاختلاف الجوهرى بين الجهازين ينحصر فى أن طول ذراع جها مقدر المسافات هو ١ متر ويمكن تقدير مسافات حتى ١٠٠٠ متر وبخطأ نسبى بين $\frac{١}{٨٠٠}$ إلى $\frac{١}{١٠٠}$ والفرق الواضح بين الجهازين فى أن جهاز تليمتر طراز TM 01 تتكون للهدف صورتان أحدهما معتدلة والأخرى مقلوبة أما جهاز مقدر المسافات فتظهر صورتان متكاملتان للهدف نفسه كما فى حالة التليتوب.



شكل رقم (١٨١)

رفـع منطقـة بالتاكيـومتـر

طريقة العمل:

١- نختار مضلع المنطقة مثل أ ب جـ د هـ شكل (١٨٢) ونضع الجهاز فوق إحدى النقط ولتكن (أ).

٢- يحدد ارتفاع الجهاز من محور المنظار الأفقى إلى نقطة أ.

٣- نضع القامة على نقطة معلومة المنسوب ونستنتج منسوب (أ) بالحساب من نظرة أفقية أو مائلة وننقل القامة إلى النقط التى تتغير فيها طبيعة الأرض مثل ١، ٢ ، ٣ ، ٤ وتؤخذ عند كل نقطة قراءات الشعرات الثلاث على القامة وانحراف الاتجاه إلى النقطة بالنسبة إلى أحد أضلاع المضلع أو الانحراف الدائرى إذا كان الجهاز مزوداً ببوصلة (فى حالة استعمال طريقة الاستاديا) نقيس أضلاع المضلع ونعين مناسيب النقط المجاورة فى المضلع.

٤- ننقل الجهاز إلى (ب) ونكرر ما سبق . وهكذا نقطة بعد أخرى حتى نهاية نقط المضلع.

٥- يجب تحقيق مناسيب نقط الترافرس الأصلى بالميزان إن أمكن.

٦- يعمل كروكى للاتجاهات حتى لا تتداخل الأرصاد عند توقيعها فى المكتب بعد ذلك.

احتياطات هامة فى العمل:

١- إذا كانت أطوال أضلاع الترافرس تعين تاكيومترياً فيجب أن يجرى ذلك مرتين بين طرفي المضلع وغالباً ما تجرى باستعمال قضيب الأنفار أو الردتا للحصول علي دقة عالية.

٢- يجب التأكد من رأسية القامة (حالة شعرات الأستاديا) ويستحسن تثبيت

ميزان تسوية دائرى خلف القامة لهذا الغرض.

٣- يجب بقدر الإمكان عدم أخذ قراءة الشعر السفلى إذا كانت قريبة جداً من الأرض بسبب الانكسار الجوى فى هذه المنطقة.

٤- عند رفع مناطق شاسعة يحسن استخدام التاكيومترات المزودة بمنحنيات استاديا لسرعة وسهولة الاستعمال.

٥- فى حالة قياس زوايا رأسية يحسن جعل القرص الرأسى يقرأ إلى أقرب دقيقة صحيحة لسهولة استخراج النسب المثلثية.

٦- فى حالة استحالة قراءة الشعرة العليا لوجود عائق مثلاً أو لبعد المسافة تؤخذ قراءتا الشعرتين السفلى والوسطى ويستنتج منها قراءة الشعرة العليا.

٧- فى المقاييس الكبيرة يستحسن استعمال الطرق التاكيومترية فى التفاصيل فقط أما فى المقاييس الصغيرة فيمكن استعمالها كلية للمضلع والتفاصيل.

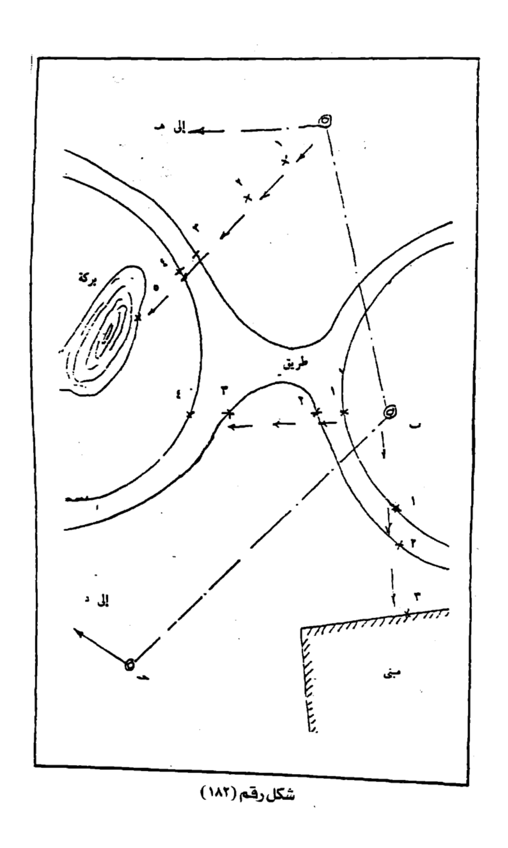
٨- يجب حقيق المناسيب بالربط على روبيرات أو نقط معلوم منسوبها كلما تيسر ذلك.

عمل المكتب:

١- نحسب المسافات والمناسيب فى دفتر الغيط وطرق تدوين الأرصاد كثيرة مبين إحداها فى الجدول.

٢- نعين نقط الترافرس على اللوحة إما بالمنقلة والقياس أو باستخدام جهاز توقيع الإحداثيات القطبى أو حسابياً.

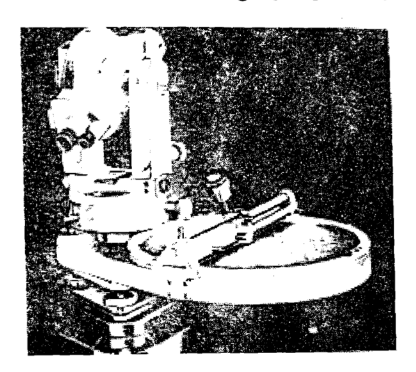
٣- نرسم من كل نقطة من المضلع أشعة فى الاتجاهات المرصودة ، ونوقع عليها مسافات النقط التى أوجدنا مناسيبها بالاستعانة بالكروكى المرسوم وبذا



شكل رقم (١٨٢)

يمكن الحصول على خريطة بها التفاصيل وعمل خطوط الكونتور من واقع المناسيب إذا أردنا ويمكن استعمال جهاز كارتى (Karti) بنجاح تام وهو جهاز شبيه بالبلانشيطة فى عمله ويستخدم دائما مع تاكيومتر دالتا شكل (١٨٣) .

٤- يمكن استعمال البلانشيطة والبداد البلانشيطة كتاكيومتر وتوقيع المناسيب والتفاصيل مباشرة على الخريطة.



شكل رقم (١٨٢)

مثال على المساحة التاكيومترية:

عملت المساحة التاكيومترية التى أرصادها فى الجدول المبين بجهاز تاكيومترية عدسة تحليلية وثابته التاكيومترى ١٠٠ ومنسوب أ = ٣٣٫٨٨ متراً.

والجدول يوضح تدوين واستنتاج المسافات الأفقية ومناسيب النقط المختلفة.

مصادر الأخطاء فى المساحة التاكيومترية:

فضلاً عن مصادر الأخطاء فى العمل بالتيودوليت فإن العمل فى المساحة التاكيومترية معرض لكثير من مصادر الأخطاء فى الميزانية وعلى العموم يمكن تقسيم مصادر الأخطاء فى إيجاد المسافات والارتفاعات بطريقة شعرات الاستاديا إلى ثلاثة أنواع هى:

أولاً - أخطاء شخصية:

أ - الخطأ فى قراءة القامة ومن الأخطاء الشائعة قراءة الشعرة الوسطى بدلاً من إحدى شعرتى الاستاديا وبذا نحصل على نصف المسافة الصحيحة ويمكن تلافى الوقوع فى مثل هذا الخطأ بتقدير المسافة بالعين المجردة ، وكثير من الأجهزة يجهز دليلها بشعرات قطرية لهذا السبب.

ب- الخطأ فى قياس الزوايا الرأسية ويجب الاحتياط تماماً فى قياسها خاصة إذا كانت زاوية الميل كبيرة والمسافة طويلة.

وبدراسة معادلات طريقة الاستاديا نجد أن الخطأ فى قياس الزوايا الرأسية فى الأحوال العادية ليس بذى أثر هام على المسافة الأفقية المحسوبة فمثلاً خطأ مقداره دقيقة واحدة فى قياس زاوية رأسية قدرها ٥° يؤثر على دقة تعيين المسافة الأفقية بمقدار $\frac{١}{٢٠٠٠}$ بينما لو كانت الزاوية الرأسية ١٥° فإن التأثير يكون $\frac{١}{١٠٠}$.

وتأثير الخطأ فى الزوايا الرأسية على قيمة فرق الارتفاعات هام نسبياً فمثلاً خطأ مقداره دقيقة واحدة فى أى زاوية رأسية فى النطاق العادى يعطى خطأ مقداره ٤ سم تقريباً فى الارتفاع إذا كانت المسافة الأفقية ١٠٠ متر.

جـ - الخطأ الناتج من وضع القامة رأسية ويزداد تأثير هذا الخطأ بازدياد زاوية الميل.

جدول على المساحة التاكيومترية

(١) موقع الجهاز	(٢) ارتفاع محور الجهاز	(٣) موضع القامة	(٤) الانحراف	(٥) الزاوية الرأسية (ن)	(٦) قراءة الشعرات	(٧) المسافة الأفقية ف = ١٠٠ هـ جتا٢ ن	(٨) المسافة الرأسية = ١٠٠ هـ جا٢ن / ٢	(٩) منسوب موقع الجهاز	(١٠) منسوب المحور (٢) + (٩)	(١١) منسوب موضع القامة = (١٠) + (٨) - قراءة الشعرة الوسطى
أ	٤,٤٧	أ١	١٧° ٢'	٢° ١٨' +	١,٧٦ ٢,٠٠ ٢,٢٤	٤٧,٩٢	١,٩٢ +	٢٢,١٨	٢٣,٦٥	٣٢,٥٧
		أ٢	١٧٤° ٤٨'	٤° ١٦' -	٠,٧٨ ١,٩٦ ٢,١٤	١٣٥,٨٠	٢,٦٧ -	٢٢,١٨	٢٣,٦٥	١٩,٠٢
		أ٣	... ...	.. ...						
		ب	٦٥° ٣٠'	١° ٣٤' +	٢,٠٣ ١,٣٢ ٠,٦١	١٤١,٨٦	٣,٨٨ +	٢٢,١٨	٢٣,٦٥	٢٦,٢١
ب	١,٦٧	جـ	١٠٨° ٥٠'	٢° ٥٠' +	٢,٢٥ ١,٣٢ ٠,٣٩	١٨٥,٦٣	٩,١٧ +	٢٦,٢١	٢٧,٨٨	٣٥,٧٣
		ب١	١٠٨° ٥٠'	٢° ٤٧' -	١,٧٦ ١,٠٤ ١,٣٢	١٤٣,٧١	٦,٩٨ -	٢٦,٢١	٢٧,٨٨	١٩,٨٦
		ب٢	١٠٨° ٥٠'	٣° ١٦' -	٢,٧٧ ١,٦٩ ٠,٦١	٢١٥,٣٥	١١,٦٦ -	٢٦,٢١	٢٧,٨٨	١٤,٥٣
		ب٣	١٣٦° ٣٠'	٤° ٣٥' +	٢,٩٩ ١,٧٥ ٠,٥١	٢٤٦,٤١	١٩,٧٧ +	٢٦,٢١	٢٧,٨٨	٤,٩٠٥
جـ	...	...	...	...		...	...	...	...	...

ومن الشروط الواجب اتخاذها فى أعمال المساحة التاكيومترية أن تكون القامة رأسية تماماً إذ أن ميل القامة بسبب خطأ فى المسافة المرصودة ويزداد مقدار هذا الخطأ كلما زادت زاوية ميل خط النظر . فمثلاً إذا كان لدينا قامة طولها ٤ متر وكانت قمتها تبعد عن الوضع الرأسى ١٥ سم إلى الناحية المضادة من الجهاز (أى يميل ٥٣َ ٢ْ عن الرأسى (وكانت المسافة = ٢١٠ متر والزاوية الرأسية ٥ْ فإن الخطأ الناتج = ٢ر١ سم على القامة أى ٢ر١ متر فى المسافة إما إذا كانت الزاوية الرأسية ١٥ْ فإن الجزء المحصور على القامة - ٣ر٣ سم أى ٣ر٣ متر فى المسافة.

وفى بعض الأعمال التاكيومترية يجب جعل القامة رأسية بواسطة ميزان تسوية خاص إذا كانت زاوية ميل خط النظر كبيرة.

د - الخطأ فى استعمال الثابت التاكيومتري الصحيح فقد نستعمل الثابت ١٠٠ وهو فى الواقع ليس كذلك وهذا من أهميه مصادر الأخطاء فى المساحة التاكيومترية لأنه خطأ تراكمى ويمكن تلاقيه بايجاد الثابت الصحيح كما سبق هذا الباب.

ثانياً - أخطاء آلية:

معظمها ينصب على أخطاء التيودوليت مثل خطأ الصفر وعدم ضبط ميزان التسوية الخاص بالدائرة الرأسية وكذلك الخطأ فى تدريج القامة نتيجة لتمددها أو انكماشها وهذا يمكن إهماله فى الأعمال العادية ، ولكن فى الأعمال الدقيقة يجب معايرة القامة وإجراء التصحيح اللازم فى القراءات.

ثالثاً - أخطاء طبيعية:

وأهمها تأثير الرياح واختلاف تأثير الانكسار الجوى على قراءتى شعرتى

الاستاديا ولتلافى تأثير الانكسار يجب ألا يمر خط النظر (المار بالشعرة العليا) على مسافة تقل عن متر من سطح الأرض وهذا الاحتياط تزداد أهميته خاصة أثناء ساعات منتصف النهار . وأهمية هذا الخطأ ضئيلة فى الأعمال العادية التى تكون الدقة المطلوبة فيها $\frac{١}{١٠٠}$ أو أقل.

ونحصل على أحسن النتائج بالرصد في الصباح بين السابعة والتاسعة أو مساء بين الرابعة والسابعة أو فى الجو الملبد بالغيوم ففى هذه الفترات يقل تغير الانكسار إلى أقصى حد نتيجة لعدم اختلاف كثافة طبقات الهواء القريبة من الأرض عن بعضها البعض. وإذا اضطررنا للعمل أثناء منتصف النهار نأخذ قراءتى الشعرتين العليا والوسطى ونضرب الفرق فى ٢.

مسائل

١- أخذت قراءات من جهازى تاكيومتر عند نقطة ١ التى منسوبها ١٥٫٥ متر إلى قامة موضوعة فوق ب.

الجهاز الأول (P) : ثابتة التاكيومترى ١٠٠ وثابته الإضافى ١٤٫٤ بوصة - الجهاز الثانى (∅) : ثابتة التايكوترى ٩٥ وثابته الإضافى ١٥٫٠ بوصة.

وكان ارتفاع الجهاز (P) عند أ = ١٫٤٥ متراً وزاوية الارتفاع ٣٠° والقراءات ٢٫٣٧ ، ٢٫٣١ ، ٣٫٢٧ متراً . فإذان كان ارتفاع الجهاز (∅) عند أ = ١٫٥٨ متر وزاوية-الارتفاع ٣٣° فما هى القراءات الواجبة علي القامة بالجهاز (∅).

٢- لإيجاد منسوب النقطة أ من النقطة ب المعلوم منسوبها وضع التيودوليت فوق نقطة جديدة جـ وأخذت القراءات الآتية على القامتين الموضوعتين رأسياً فوق أ ، ب فكانت :

القائمة	الزاوية الرأسية	قراءة الشعرات (م)
أ	- ٣٥´ ٧°	٢٫٠٥٥ ، ١٫٥٠٢ ، ٠٫٩٥٠
ب	+ ٥٠ ١٠	١٫٠١٨ ، ٢٫٠٠٠ ، ٢٫٩٨

فإذا علم أن الجهاز به عدسة تحليلية والثابت التاكيومترى = ١٠٠ وأن منسوب ب = ١٤٫٢٧ متراً. احسب منسوب نقطة أ.

٣- وضع تاكيومتر على جانب جبل ورصد طرفا طريق أ ب فكانت زاوية الارتفاع عندما رصدت أ هي ٢٠´ ٢٥° وقراءات الشعرات ٢٫٢٥ ، ٣٫٠٩ ، ٣٫٩٣ متر والجهاز مزود بعدسة تحليلية ثم رصدت قامة عند ب بزاوية انخفاض ٣٧° فكانت القراءة ٢٫٨٧ متر ولما خفض المنظار حتى أصبحت الزاوية ٦٠° رصدت أسفل نقطة فى ا لقامة . فإذا كان انحراف الخط من التاكيومتر إلى أ ٢٩٧° وإلى ب = ١١٧° فما مقدار انحدار الطريق ب أ.

ملحوظة:

ابعد البؤرى للشيئية = ٢٥ سم والمسافة بين شعرتى الاستاديا = ٦ ملليمتر.

٤- البعد البؤري لعدسة الشيئية فى منظار هو ٣٠ سم والمحور الرأسى للدوران فى منتصف المسافة بين الشيئية والبؤرة وضعت القامة على بعد ١٨٠ متر من المحور الرأسى للجهاز وكان الجزء المقطوع بين شعرتى الاستاديا على القامة = ١٫٧٧ متر ، ما هى المسافة بين شعرتى الاستاديا فى الجهاز.

٥- قيس خط أ ب بوضع قضيب الأنفار عمودياً عليه وفي منتصفه تقريباً كانت الزاويتان المرصودتان عند كل من أ ، ب هي ٢٧´ ٢° ، ٤٥´ ٢° على الترتيب فما هو طول الخط. ؟

٦- قيس الضلع أ ب بالطريقة التالية الزوايا α_1 ، α_1 ، θ كما في الشكل وقيست المسافتان أ جـ١ ، أ جـ ٣ ، بقضيب أنفار موضوع عند جـ١ ، جـ٢ وبتيودوليت عند أ . بذا حصلنا على طولين للضلع أ ب وأخذ المتوسط.

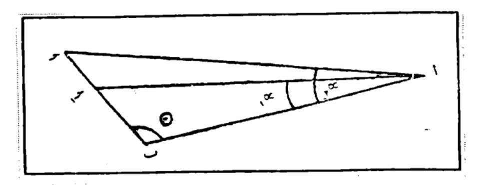
الزاوية عند أ المحصورة بالقضيب عند جـ ١ = ١,٢٧´´ ٥,٠´ ١° .

الزاوية عند أ المحصورة بالقضيب عند جـ٢ = ٣٠´´ ٤´ ١° .

أ = ٣٣´´ ٣٥´ ١٠٠° ، α_1 = ٢٧´´ ٥١´ ٢° ، α_2 = ٥٥´´ ٥٣´ ٢° .

احسب المسافة الأفقية أ ب.

٧- تاكيومتر مزود بثلاث شعرات المسافة بين كل زوج منها = ٢٥٠ر٠ من البوصة والبعد البؤدى للشيئية = ٩ بوصة - المسافة من الشيئية للمحور الرأسى = ٥ر٤ بوصة - وضعت قامة رأسية عند نقطة منسوبها ٨٠ متر - أميل المنظار ٩° على الأفقى وكانت قراءات القامة ١٦١ر١ ، ٢٩٤ر٢ ٣٧٥ر٣ متر أوجد المسافة الأفقية بين الجهاز والقامة - كذلك منسوب خط النظر علماً بأن ارتفاع الجهاز = ١,٤٠ متر .



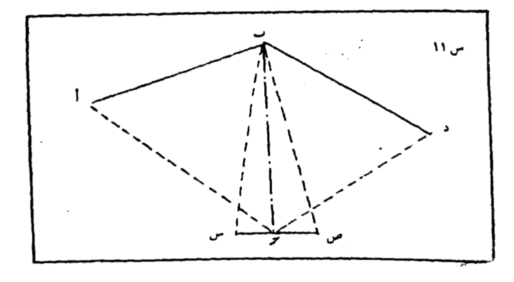
٨- قيس خط أ ب باستعمال قضيب الأنفار وخط قاعدة مساعد عمودى على جانب واحد من أ ب وفى منتصفه تماماً فإذا كان طول الخط أ ب هو ٨٦٤ متر وطول القاعدة المساعد هو ٢٨ متر. فعين زاوية البرالاكس وكل من الزاويتين الموجودتين عند طرفى الخط.

وإذا كان خط القاعدة المساعد ينصف أ ب وعلى جانبيه فما هي زاوية البرالاكس وكل من الزاويتين المرصودتين عنند طرف الخط في هذه الحالة.

٩- الشكل يبين ضلعى ترافرس أ ب ، ب د مع قاعدة مساعدة ب جـ ، احسب أطوال الترافرس من الأرصاد التالية:

> ب أ جـ = ٣٠″ ١٠′ ٥°
>
> جـ ب أ = ١٠″ ٥٦′ ٦٨°　　　> جـ د ب = ٢٠″ ٥٤′ ١٢°
>
> ص ب س = ٠٠″ ٥٩′ ١°　　　> د ب جـ ٤٠″ ١٨′ ٧٣°

وكان طول قضيب أنفار المستعمل = ٢ متر



١٠- ترافرس أريد إيجاد مسافة بين النقطتين ، أ ، ب ، أ كانت ظاهرة من س إحدى نقط الترافرس ، أما ب فكانت ظاهرة من نقطة أخري ص .

أخذت أرصاد تاكيومترية من س ، ص علي قامتين موضوعتين فوق أ ، ب وكانت الأرصاد كما يلى:

نقطة الترافرس	الاحداثيات		نقطة القامة	الانحراف	الزاوية الرأسية	قراءات الشعرات
	الرأسية	الأفقية				
س	٢٠٠ ش	٨٠٠ ق	أ	٣٢٦° ٤٢′	٠٩° ٢٢′	١,٥٠ ، ٢,١١ ، ٢,٧٢
ص	٢٦٠ جـ	٢٧٤٠ غـ	ب	١٠° ٢٧′	١٢° ١٨′	١.٨٠ ، ٢,٢٥ ، ٢,٧

الجهاز مزود بعدسة تحليلية والثابت التاكيومترى ١٠٠. احسب المسافة أ ب وانحراف أ ب.

١١- أريد قياس خط أ ب باستعمال قضيب الأنفار فأقيمت قاعدة مساعدة أ جـ عند أ وعلى جانب واحد من أ ب فإذا كانت زاوية البرالاكس عند أ هـ ٣٤َ ٤° والزاوية جـ أ ب ٣٩َ ٨٦° والزاوية أ ب جـ ١٢َ ٤° فعين طول الخط أ ب وهل طول القاعدة المساعد مناسب أم لا.

بين أيضاً إذا كانت هذه الطريقة مناسبة لقياس هذا الخط أم لا وإذا لم تكن كذلك فما هى الطريقة المناسبة.

١٢- وضعت قامة رأسية ورصدت بتيودوليت عادى ورصدت الزوايا الرأسية لهدفين على القامة ، فإذا كانت المسافة الرأسية بينهما = ٣,٠٠ مترا والفرق بين

ظلى زاويتى الارتفاع = ٢٢٣ر. . ما منسوب نقطة القامة إذا كان ظل زاوية الهدف السفلى = ٥٤١و. والارتفاع من الأرض للهدف العلوى = ٠ر٢ متر ومنسوب سطح الجهاز تحت سطح البحر بمقدار ٥ متر.

١٣- عين معدل الانحدار بين نقطتين أ ، ب من الأرصاد الآتية المأخوذة بتاكيومتر مجهز بعدسة تحليلية وثابته التاكيومترى ١٠٠.

١٤- تيودوليت مزود بعدسة تحليلية وثابته التاكيومترى ١٠٠ وضع عند نقطة ب وكان ارتفاع المحور الأفقي للجهاز ٠٤ر١ م وأخذت الإرصاد التالية:

الجهاز عند	إلي	الدائرة الأفقية	الدائرة الرأسية	القراءات
	أ	٠٠´´ ٤٤´ ٣٦°		
ب				
	جـ	٠٠´´ ٣´ ٧٤°	+ ٣٠´ ٢٠°	١١,٠٠ ، ١,٦٤ ، ٣,١٧ م

١٥- قمة تل معلوم ارتفاعها بأنها ٢٠٥٥ متر فوق سطح المياه فى بحيرة - رصدت هذه القمة من الجانب الآخر للبحيرة ، وكانت زاوية ارتفاعها ١٥´ ٥° فإذا كانت انخفاض صورة القامة فى مياه البحيرة ٤٥´ ٨°.

أوجد المسافة الأفقية من الجهاز إلى التل - وأوجد كذلك الفرق بين منسوبى النقطتين.



محتويات الكتاب

الباب الأول

مقدمة

الباب الثانى

المساحة بالجنزير والرفع

الباب الثالث

المساحة بالبوصلة المنشورية

الباب السادس

المساحة بالتيودوليت

الباب السابع

المساحات

الباب الثامن

الميزانية

الباب التاسع

الكميات والحجوم وتسوية الأراضى

الباب العاشر
كميات النقل

الباب الحادى عشر
المساحة التاكيومترية

رقم الإيـــداع :١١٧٣٣ / ٩٨

الترقيم الدولى : ٩ ـ ٠٥٠٤ ـ ٠٣ ـ ٩٧٧

مركز الدلتا للطباعة

٢٤ شارع الدلتا - اسبورتنج

: ٥٩٥١٩٢٣